வானியல்

(இரண்டாம் புத்தகம்)

(பட்டப்படிப்புக்குரிய சிறப்புப்பாடம்)

தி. கோவிந்தராசன்
கொ. முத்துசாமி

கல்லூரி நூல் வெளியீட்டு இயக்குநரகம்
தமிழ்நாட்டுப் பாடநூல் நிறுவனம்

க. நூ. வெ. இ. வரிசை எண்—256

வானியல்

(இரண்டாம் புத்தகம்)

(பட்டப்படிப்புக்குரிய சிறப்புப்பாடம்)

ஆசிரியர்கள்

தி. கோவிந்தராசன்,
பேராசிரியர்,
கணிதத்துறை, அரசினர் கல்லூரி, சேலம்.

கொ. முத்துசாமி,
உதவிப் பேராசிரியர்,
கணிதத்துறை, அரசினர் கல்லூரி, சேலம்.

கல்லூரி நூல் வெளியீட்டு இயக்குநரகம்

தமிழ்நாட்டுப் பாடநூல் நிறுவனம்

First Edition—December, 1970

D.C.P. No. 256

© Directorate of Collegiate Publications

ASTRONOMY—Major (Book II)

T. GOVINDARAJAN
K. MUTHUSWAMY

Net Price Rs. **3·75**
(NO DISCOUNT)

Printed by
Kabeer Printing Works,
Madras-5.

அணிந்துரை

(திரு இரா. நெடுஞ்செழியன், தமிழகக் கல்வி-சுகாதார அமைச்சர்)

தமிழைக் கல்லூரிக் கல்வி மொழியாக ஆக்கிப் பத்து ஆண்டுகள் ஆகிவிட்டன. குறிப்பிட்ட சில கல்லூரிகளில் பி.ஏ., வகுப்பு மாணவர்கள் தங்கள் பாடங்கள் அனைத்தையும் தமிழிலேயே கற்றுவந்தனர். 1968ஆம் ஆண்டின் தொடக்கத்தில் புகுமுக வகுப்பிலும் (P.U.C.), 1969ஆம் ஆண்டிலிருந்து பட்டப்படிப்பு வகுப்புகளிலும் விஞ்ஞானப் பாடங்களையும் தமிழிலேயே கற்பிக்க ஏற்பாடு செய்துள்ளோம். தமிழிலேயே கற்பிப்போம் என முன்வந்துள்ள கல்லூரி ஆசிரியர்களின் ஊக்கம், பிற பல துறைகளிலும் தொண்டு செய்வோர் இதற்கெனத் தந்த உழைப்பு, தங்கள் சிறப்புத் துறைகளில் நூல்கள் எழுதித் தர முன்வந்த நூலாசிரியர்கள் தொண்டுணர்ச்சி இவற்றின் காரணமாக இத் திட்டம் நம்மிடையே மகிழ்ச்சியும் மனநிறைவும் தரத்தக்க வகையில் நடைபெற்று வருகிறது. இவ்வகையில், கல்லூரிப் பேராசிரியர்கள் கலை, அறிவியல் பாடங்களை மாணவர்க்குத் தமிழிலேயே பயிற்றுவிப்பதற்குத் தேவையான பயிற்சியைப் பெறுவதற்கு மதுரைப் பல்கலைக் கழகம் ஆண்டுதோறும் எடுத்துவரும் பெருமுயற்சியைக் குறிப்பிட்டுச் சொல்லவேண்டும்.

பல துறைகளில் பணிபுரியும் பேராசிரியர்கள் எத்தனையோ நெருக்கடிகளுக்கிடையே குறுகிய காலத்தில் அரிய முறையில் நூல்கள் எழுதித் தந்துள்ளனர்.

வரலாறு, அரசியல், உளவியல், பொருளாதாரம், தத்துவம், புவியியல், கணிதம், பௌதிகம், வேதியியல், உயிரியல், வானியல், புள்ளியியல் ஆகிய எல்லாத் துறைகளிலும் தனி நூல்கள், மொழி பெயர்ப்பு நூல்கள் என்ற இரு வகையிலும் தமிழ்நாட்டுப் பாடநூல் நிறுவனத்தின் கல்லூரி நூல் வெளியீட்டு இயக்குநரகம் நூல்களை வெளியிட்டு வருகிறது.

இவற்றுள் ஒன்றுன 'வானியல் – II' என்ற இந்நூல் தமிழ்நாட்டுப் பாடநூல் நிறுவனம்—கல்லூரி நூல் வெளியீட்டு இயக்குநரகத்தின் 256ஆவது வெளியீடாகும். இதுவரை 291 நூல்கள் வெளிவந்துள்ளன.

உழைப்பின் வாரா உறுதிகள் இல்லை; ஆதலின், உழைத்து வெற்றி காண்போம். தமிழைப் பயிலும் மாணவர்கள் உலக மாணவர்களிடையே சிறந்த இடம் பெறவேண்டும்; அதுவே தமிழன்னையின் குறிக்கோளுமாகும். தமிழ்நாட்டுப் பல்கலைக் கழகங்களின் பலவகை உதவிகளுக்கும் ஒத்துழைப்புக்கும் நம் மனம் கலந்த நன்றி உரித்தாகுக.

இரா. நெடுஞ்செழியன்

பொருளடக்கம்

பக்கம்

13. மண்ணுலக நெட்டாங்கு (Terrestrial Longitude) ... 1
14. கதிரவன் குடும்பம் – கோள்கள் (The Solar System – the Planets) ... 19
15. கோள்களின் இயக்கங்கள் (The Motion of the Planets) ... 49
16. வால் விண்மீன்கள் – எரி, வீழ்விண்மீன்கள் (Comets and Meteors) ... 80
17. சந்திரன், கதிரவன் மறைப்புகள் (Lunar and Solar Eclipses) ... 98
18. சம இரவுப் புள்ளிகளின் பின்னகர்ச்சி – அச்சசைவு (Precession of the Equinoxes, Nutation) ... 143
19. கதிரவன் மையத் தோற்றப் பிழை – ஆண்டுத் தோற்றப் பிழை (Heliocentric Parallax – Annual Parallax) ... 152
20. ஒளிப் பிறழ்ச்சி (Aberration) ... 165
21. விண்மீன்கள் – பேரண்டம் (The Stars – Universe) ... 179

பிற்குறிப்புகள் :

I. அழியாப் புகழ்பெற்ற வானியல் மேதைகள் ... 200
II. வானக் கோளம் ... 201
III. வானக் கோளம் – வட, தென் அகலாங்குகளில் ... 205
IV. பேரண்டத்தில் இன்னும் கதிரவர்கள் ... 206
கலைச்சொல் அகராதி ... 211

வானியல்

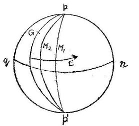
(இரண்டாம் புத்தகம்)

13. மண்ணுலக நெட்டாங்கு

(Terrestrial Longitude)

13–0. மண்ணுலகம் என்ற பகுதியில், 2.21 (9)-ல், ஓரிடத்தின் மண்ணுலக நெட்டாங்கு என்னவென்பது விளக்கப்பட்டது. மண்ணுலகக் கோளத்தின் மேல், மண்ணுலக நடுவரையை முதனிலை வட்டமாகவும், கிரீனிச் வழியாகச் செல்லும் குத்து வட்டத்தை, நிலைத்த துணைக் குத்து வட்டமாகவும் கொண்டு ஓரிடத்தின் மண்ணுலக நெட்டாங்கும் அகலாங்கும் அவ்விடத்தை இடங் குறிக்கும் ஆயத் தொலைகள் என்பதும் அங்கு விளக்கப்பட்டது.

13–1. பகுதி (9)-ல் ஓரிடத்தின் அகலாங்கு காணும் முறைகள் ஒரு சில விளக்கப்பட்டன. இப் பகுதியில் மண்ணுலக நெட்டாங்குகள் பற்றிய சில விவரங்களும் அவற்றினை அளக்கும் முறைகளும் தொகுத்துக் கூறப்படும்.



படம் 13–1

படம் 13–1-ல் மண்ணுலகப் படம் உள்ளது; pp' துருவ அச்சு; qr நடுவரை; M_1, M_2 என்பவை இரு தீர்க்க ரேகைகள்; G என்பது கிரீனிச் வழியாக வரையப்பட்டிருக்கும் பூச்சிய (0°) தீர்க்க ரேகை.

$\angle GpM_1 = L_1$ எனவும்,

$\angle GpM_2 = L_2$ எனவும்,

$\angle M_2pM_1 = L_1 - L_2 = L_3^\circ$ எனவும் கொள்க.

M_1-ன் மேலுள்ள இடங்கள் யாவும் ஒரே தீர்க்க ரேகையின் மேலுள்ளன ; அவ்விடங்களின் நெட்டாங்கு L_1; அவ்வாறே M_2-ன் மேலுள்ள இடங்கள் யாவும் ஒரே தீர்க்க ரேகையின் மேலுள்ளன. அவ்விடங்களின் நெட்டாங்கு L_2; $L_3°$ என்பது, அவ்விரு நெட்டாங்குகளுக்கும் உள்ள வேறுபாடு.

மண்ணுலகம் மேற்கிலிருந்து கிழக்காக, pp'ஐ மையங் கொண்டு தினந்தோறும் ஒரு முழுச் சுற்றுச் சுற்றி வரும்போது, ஏதாமொரு நிலைத்த விண்பொருள் M_1 தீர்க்க ரேகையின்மேல் உள்ள இடங்களில் முதலில் உச்சி கடக்கும். (உச்சி கடத்தல் வானக் கோளத்தின் மேல் காணப்படும் தோற்றமென்பதை மறந்துவிடக் கூடாது.) எனவே, அந்நிலைத்த விண்பொருள் முதலில் கிரீனிச் தீர்க்க ரேகைக்கு மிகவும் கிழக்கேயுள்ள தீர்க்க ரேகையான M_1-ல் உச்சி கடக்கும் தோற்றம் தெரிந்த பின் சற்று நேரம் கழித்துத்தான் M_2-ல் உச்சி கடக்கும் தோற்றம் தெரியும்; அதன் பின்புதான் G-ல் உச்சி கடக்கும் தோற்றம் தெரியும்.

M_1-ன் மேலுள்ள இடங்களுக்கு, ♈ உச்சி கடக்கும்போது மீன்வழி நேரம் 0 ம. 0 நி. 0 வி. யாகும். ♈ ஐ யொட்டி எந்த ஒரு தீர்க்கரேகையும் 24 மீன்வழி மணிகளில் 360° சுழன்று வருகிறது. எனவே, M_2-ன் மேலுள்ள இடங்களுக்கு ♈ உச்சி கடக்கும் நேரம் $\frac{L_3}{15}$ மணி நேரம் பிந்திப் போகும். அதாவது, M_2-ல் மீன்வழி நேரம் 0 ம. 0 நி. 0 வி. ஆக இருக்கும்போது M_1-ல் மீன்வழி நேரம் $\frac{L_3}{15}$ மணியாக விருக்கும். இம்மாற்றம், முன் விளக்கப்பட்டபடியே, தோற்றக் கதிரவன் காலத்திற்குப் பொருந்தும் ; சராசரிக் கதிரவன் காலத்திற்கும் பொருந்தும்.

எடுத்துக்காட்டாக, கிரீனிச்சில் மீன்வழி நேரம் 0ம. 0நி. 0வி. ஆக இருக்கும்போது 82·5° கி. நெட்டாங்கிலுள்ள ஓரிடத்தில் மீன்வழி நேரம் 5 ம. 30 நி. கிரீனிச்சில் நள்ளிரவு பன்னிரண்டு மணியாக (சராசரிக் கதிரவன் நேரம்) இருக்கும்போது முன் கூறிய இடத்தில் நேரம் காலை 5 ம. 30 நி. (ச. க. நேரம்). இது தோற்றக் கதிரவனுக்கும் பொருந்தும். கிரீனிச்சில் தோற்றக் கதிரவனின் மேற்கு நேரக் கோணம் $h°$ ஆக இருக்கும்போது, முன் கூறிய இடத்தில், தோற்றக் கதிரவனின் நேரக் கோணம் $h° + 82{\cdot}5°$ ஆக இருக்கும்.

பொதுவாக, ஓரிடத்தின் கிழக்கு/மேற்கு நெட்டாங்கு $l°$ எனக் கொள்க. அவ்விடத்தில் ஒரு குறிப்பிட்ட தருணத்தில் ச.க. நேரம்/மீ.வ. நேரம் தெரியுமானால், அத் தருணத்திற்குரிய மீ.வ. நேரம்/ச.க. நேரம் கணிக்கலாம்.

முன் கூறியபடி,

கிரீனிச் ச. க. நேரம்

$= $ அவ்விடத்தின் ச. க. நேரம் $\pm \frac{l}{15}$ ச. க. மணிகள் (A)

கிரீனிச் மீ. வ. நேரம்

$= $ அவ்விடத்தின் மீ. வ. நேரம் $\pm \frac{l}{15}$ மீ. வ. நேரம் (B)

l கிழக்காயின் குறைக் குறியும் $(-)$

l மேற்காயின் கூட்டுக் குறியும் $(+)$

கொள்ளப்படும். எதிர் மாறாக,

அவ்விடத்தின் ச. க. நேரம்

$= $ கிரீனிச் ச. க. நேரம் $\pm \frac{l}{15}$ ச. க. மணிகள் (C)

அவ்விடத்தின் மீ. வ. நேரம்

$= $ கிரீனிச் மீ. வ. நேரம் $\pm \frac{l}{15}$ மீ. வ. மணிகள் (D)

l கிழக்காயின் கூட்டுக் குறியும் $(+)$

l மேற்காயின் குறைக் குறியும் $(-)$

கொள்ளப்படும்.

கொடுக்கப்பட்ட தருணம் s மீ. வ. நேரமாயின், (B) வாய்பாடு கொண்டு அத் தருணத்திற்குரிய கி. மீ. வழி நேரம் கணிக்கலாம்; அதிலிருந்து பகுதி 12C-ல் மாற்றம் பெற்றபடி அத் தருணத்திற்குரிய கி. ச. க. நேரம் கணிக்கலாம்; அதிலிருந்து (A) வாய்பாடு கொண்டு அவ்விடத்தில் அந் நேரத்திற்குரிய ச. க. நேரம் கணிக்கலாம்.

இவ்வாறே m ச. க. வழி நேரமாயின் (A) வாய்பாடு கொண்டு கி. ச. க. நேரம் கண்டு, பின்னர் பகுதி 12C-ல் மாற்றம் பெற்றபடி கி. மீ. வ. நேரம் கண்டு, அதிலிருந்து (B) வாய்பாடு கொண்டு அவ்விடத்தில் அந் நேரத்திற்குரிய மீ. வ. நேரம் கணிக்கலாம்.

13-2. மண்டல நேரமும் (Zone time) நாட்டு நியம நேரமும் (Standard time)

ஓரிடத்தின் நெட்டாங்குப்படி, அவ்விடத்தின் ஊர்ப்பொழுது (Local Time) கணித்து அது அவ்வூருக்கு மட்டும் நடைமுறையிலிருக்குமாயின் சில குழப்பங்களும் இடர்ப்பாடுகளும் ஏற்படும். எடுத்துக்காட்டாக, கி. ச. க. நேரம் நண்பகல் 12 மணியெனக் கொள்க.

அந்தக் குறிப்பிட்ட தருணத்தில் 10° கி. நெ.-லுள்ள ஊர்ப்பொழுது 12-40 பிற்பகல் 11° கி. நெ.-லுள்ள ஊர்ப்பொழுது 12-44 பிற்பகல்; 9° கி. நெ. இலுள்ள ஊர்ப்பொழுது 12-36 பிற்பகல். இந்த மூன்று நெட்டாங்கிலுள்ள ஊர்களும் ஒரே நாட்டில் (country) இருக்கலாம். எனவே, ஒரே நாட்டில் ஊருக்கு ஊர் நேர வேறுபாடுகள் ஏற்படும்.

இந்தியாவில் பம்பாய், டில்லி, சென்னை, கல்கத்தா என்ற நான்கு நகரங்களும் வெவ்வேறு நெட்டாங்குகளில் உள்ளன. எனவே, ஒரு குறிப்பிட்ட சமயத்தில், நெட்டாங்குப்படி, இந்த நான்கு நகரங்களிலும் நேரம் வெவ்வேறாக இருக்க வேண்டியிருக்கும். இவ் விடர்ப்பாடு தவிர்க்கப்பட வேண்டியது மிகவும் அவசியமாகிறது.

எனவே, கிரீனிச் தீர்க்க ரேகைக்கு மேற்குப் புறம் 7·5° தீர்க்க ரேகைமுதல் கிழக்குப் புறம் தீர்க்க ரேகை 7·5° வரை ஒரு மண்டல மாகக் கொண்டு, அம்மண்டலம் முழுவதிலும் கி. ச. க. நேரமே அமல் நேரம் அல்லது மண்டல நேரமாகக் கொள்ளப்படுகிறது. இது பூச்சிய மண்டலம் எனக் கூறப்படும். அவ்வாறே 7·5° கி. முதல் 22·5° கி. வரை உள்ள மண்டலத்தில் கி. ச. க. நேரத்தைவிட ஒரு மணி அதிகமான நேரம், அம்மண்டல நேரமாகக் கொள்ளப்படுகிறது. இது மண்டலம் −1 எனப் பெயரிடப்படுகிறது. இவ்வாறே அடுத்தடுத்து 15° இடை வெளிகளில் மண்டலங்கள் −2, −3, −4...எனப் பெயரிடப்பட்டு, அங்கு நிலவும் நேரங்கள் முறையே கிரீனிச் ச. க. நேரத்தைவிட 2, 3, 4...... மணிகள் அதிகமாக ஏற்றுக்கொள்ளப்பட்டு வழக்கிலுள்ளன.

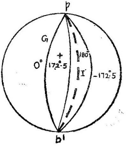
இவ்வாறே கிரீனிச்சிற்கு மேற்கிலும் 15° தீர்க்கரேகை இடைவெளி களில் 1, 2, 3......என மண்டலங்களாகப் பிரிக்கப்பட்டு, அங்கு நிலவும் நேரங்கள் கிரீனிச் ச. க. நேரத்தைவிட 1, 2, 3......மணிகள் குறைவாக ஏற்றுக்கொள்ளப்பட்டு வழக்கிலுள்ளன. இந்த முறைப்படி வழக்கிலிருக் கும் நேரம் மண்டல முறை நேரம் எனப்படும். ஒரு மண்டலத்தில் வழக்கிலுள்ள நேரம் அம்மண்டல மைய தீர்க்க ரேகைக்குரிய நேரமா கும். ஒரு மண்டலத்திலிருந்து அதற்கடுத்துக் கிழக்கிலிருக்கும் மண்ட லத்திற்குச் செல்லும்போது திடீரென்று ஒரு மணி நேரம் அதிகப்படும். ஆனால், சில நாடுகளின் நன்மை குறித்து, ஒரு நாட்டில் பெரும்பகுதி ஒரு மண்டலத்திலும், மற்றொரு சிறு பகுதி மற்றொரு மண்டலத்திலும் இருக்குமாயின், பெரும்பகுதி மண்டலத்திற்குரிய மண்டல நேரமே நாடு முழுவதற்கும் ஏற்றுக்கொள்ளப்படும். இன்னும் சில பெரிய நாடுகளில் 'தீர்க்கரேகை அகலம்' பெரிதாக விருக்கலாம். எடுத்துக் காட்டாக, இந்தியா ஏறக்குறைய 68°E-க்கும் 96°E-க்கும் இடைப்பட் டிருக்கிறது; அதாவது, பெரும்பகுதி 67°·5E முதல் 82°·5E இடையி லும், மற்றப் பகுதி 82·5°E முதல் 96°E இடையிலும் உள்ளது. இந்திய நாட்டு நேரம் *I.S.T.* (இந்திய நியம நேரம் எனவும் கூறப்படும்)

82·5°E-க்கு உரிய மண்டல நேரமாகும் ; அதாவது, கிரீனிச் நேரத்திற்கு $\frac{82°\cdot 5}{15}$ மணிகள் (= 5ம. 30 நி.) அதிகமாக இருக்கும்.

சில நாடுகளில், வேனிற் காலத்தில் நாட்டு நேரம் 1 மணி முன் தள்ளி இருக்கும் ; வேனிற் கால நேரம் (Summer Time) என்று இதற்குப் பெயர் ; மற்றப் பருவங்களில் இந்த முறை வழக்கிலிராது. மத்திய ஐரோப்பிய நாடுகளான ஜெர்மனி, இத்தாலி முதலிய நாடுகளில் கி. நேரத்திற்கு அதிகமாக 1 மணி நேரம், மத்திய ஐரோப்பிய நேரமாகும்.

13-3. உலகத் தேதி வரை அல்லது தேதி மாறு வரை (The International date line or Terrestrial date line)

முன் வகுக்கப்பட்ட நேர மண்டலங்களில் 12ஆவது மண்டலம் (± 11 எண்ணுடைய மண்டலம்), அதாவது 172·°5 மேற்கு முதல் 172·5° கிழக்கு வரை உள்ள மண்டலத்தை எடுத்துக்கொள்வோம். படம் 13·3-ல் இம் மண்டலம் +172°·5 முதல் −172°·5 எனக் காட்டப்பட்டிருக்கிறது. இதன் மையப் பெருவட்டம் pIp' என்பது pGp' என்ற கிரீனிச் தீர்க்க ரேகையின் மறுபாதி அரை வட்டமெனப் பார்க்கலாம். pIp' என்ற தீர்க்கரேகைக்குரிய நெட்டாங்கினை இரு முறைகளில் குறிப்பிடலாம்.



படம் 13-3

G-லிருந்து கிழக்கே சென்றால் அதன் நெட்டாங்கு 180°E ;

G-லிருந்து மேற்கே சென்றால் அதன் நெட்டாங்கு 180°W ;

எனினும், இவ்விரு நெட்டாங்குகளும் pIp' என்ற ஒரே தீர்க்கரேகைக்குரியனவாம் என்பதைக் கவனத்தில் வைக்கவேண்டும்.

இந்த நீர்க்கரேகைக்கு உலகத் தேதிவரை அல்லது தேதி மாறுவரை எனப் பெயர்.

இக் கோடு, நடைமுறையில் சரியாக 180° வழியாகச் செல்லாமல் சிறிது தள்ளி, பசிபிக் பெருங்கடலில் ஏறக்குறைய எந்த நிலப்பகுதியையும் வெட்டாமல் செல்கிறது. [சைபீரியப் (Siberia) பாலைவனக் கிழக்கு முனைப் பகுதியில் சிறிது வெட்டிக்கொண்டு, சில அலூஷியன் தீவுகளையும் (Aleutian islands) வெட்டிச் செல்கிறது.] கிரீனிச்சிலிருந்து புறப்பட்டுக் கிழக்கு நோக்கி இக் கோட்டினை அடையும்போது, அங்கு ஊர்ப்பொழுது கிரீனிச் நேரத்தைவிட ஏறக்குறைய 12 மணி அதிகமாக விருக்கும் (172°·5 கி. முதல் 180°E வரை). மாறாக, மேற்கு நோக்கி இக் கோட்டினையடையும் போது, அங்கு ஊர்ப்பொழுது கிரீனிச் நேரத்தைவிட ஏறக்குறைய 12 மணி குறைவாக இருக்கும் (172°·5W முதல் 180°W வரை).

இப்போது கிரீனிச்சில் நள்ளிரவு எனில், அத்தருணம் 172°·5E முதல் 180°E உள்ள பகுதியில் அடுத்த நாள் நண்பகலாயிருக்கும்; அதே தருணம் 172°·5W முதல் 180°W உள்ள பகுதியில் முன்னாள் நண்பகலாகவிருக்கும். எடுத்துக்காட்டாக, உலகம் சுற்றும் ஒருவன் மார்ச்சு முதல் தேதியன்று கிரீனிச் விட்டுப் புறப்பட்டு, கிழக்கு நோக்கிப் பயணம் செய்துகொண்டே போய் அந்த உலகத் தேதி வரையை மார்ச்சு 14ஆம் தேதி ஏறக்குறைய நண்பகலில் கடப்பதாகக் கொள்வோம்; கடந்தவுடனேயே, அவன் இருக்கும் இடத்தின் ஊர்ப்பொழுது 13ஆம் தேதி ஏறக்குறைய நண்பகல் நேரமாகும். (அதே சமயம் கிரீனிச்சில் 13ஆம் தேதி நள்ளிரவு முடிந்து 14ஆம் தேதி ஆரம்பிக்கும் தருணமாயிருக்கும்.) மாறாக அவன் மேற்கு நோக்கிப் பயணம் செய்துகொண்டே போய் அந்த உலகத் தேதி வரையை மார்ச்சு 14ஆம் தேதி நண்பகலில் கடப்பதாகக் கொள்வோம். கடந்தவுடனேயே அவன் இருக்குமிடத்தின் ஊர்ப்பொழுது 15ஆம் தேதி நண்பகல் நேரமாகும். (அதே சமயம் கிரீனிச்சில் 14ஆம் தேதி நள்ளிரவு முடிந்து 15ஆம் தேதி ஆரம்பிக்கும் தருணமாயிருக்கும்.)

இவ்வாறாக, கிழக்கு நோக்கிப் பயணம் செய்யும் ஒருவன் அவ்வுலகத் தேதி வரையைக் கடக்கும்போது ஒரு தேதி குறைகிறது; அவனே மேற்கு நோக்கிப் பயணம் செய்வானாயின், அவ்வுலகத் தேதி வரையைக் கடக்கும்போது ஒரு தேதி அதிகமாகிறது. எனவே, 180° நீர்க்கரேகைக்குத் தேதி மாறுவரையெனவும் பெயரிடப்பட்டிருக்கிறது.

13–4. முன்னர், பகுதி 9-ல் எப்படிச் செயல்முறையில் ஓரிடத்தின் அகலாங்கினைக் கணிக்கும் சில முறைகளைப் பார்த்தோம். இப்போது செயல்முறையில் ஓரிடத்தின் நெட்டாங்கினைக் கணிக்கும் முறைகள்

சிலவற்றைப் பார்ப்போம். இதற்கு முதற்படியாக, ஓரிடத்தின் உச்சி வட்டத்தைச் செயல்முறையில் இடங்குறிக்கும் முறையைப் பார்ப்போம்.

13-4·1. ஓரிடத்தின் உச்சி வட்டத்தை நிலைநாட்டல்: கிடைதளத்தில் O என்ற புள்ளியை மையங் கொண்டு ஒரு வட்டம் வரைக. OA என்ற ஒரு குச்சியை O-வில் செங்குத்தாக நிலைக்கச் செய்க. ஒருநாட் பொழுதில் எப்போதாவது அக்குச்சியின் நிழல் முனை இரு முறை வட்ட வரையைத் தொடும்; ஒன்று, கதிரவன் வானத்தில் ஏறும்போதும், மற்றொன்று வானத்தில் இறங்கும்போதும். அவ்விரு தருணங்களிலும் அந் நிழற் கோடுகளைத் தளத்தின்மேல் வரைக. அக் கோடுகள் OB, OC என விருக்கட்டும். நிழல் நீளங்கள் சமமாயிருக்கும் இரு தருணங்களிலும் கதிரவன் ஏற்றக் கோணங்கள் சமமாக இருக்கும். அடிவான தூரங்களும் சமமாயிருக்கும். AOB, AOC என்ற இரு தளங்களும், அந்தந்த தருணங்களில் கதிரவன் வழியாக, அவ்விடத்திற்குச் செங்குத்தாக உள்ள தளங்களாகும். அவ்விரு தளங்களும் உச்சி வட்டத்திற்குச் சம சாய்வு பெற்றிருக்கும். BOC என்ற கோணத்தை இரு சம பிரிவுகளாக வெட்டும் கோடே, வடக்கு—தெற்குக் கோடாகும் (S_oN). ANS_o என்ற குத்துத் தளம் அவ்விடத்தின் உச்சி வட்டத் தளமாகும் என்பது தெளிவு.

13-4·2. அடுத்தபடியாக, ஓரிடத்தில் நிலவும் ஊர்ப்பொழுதைக் (Local) கணிப்பது எப்படி என்பதைப் பார்ப்போம். ஊர்ப்பொழுதெனின் அவ்வூருக்குரிய ச. க. மணி நேரம். இது நாட்டு நேரம் என்று அமலில் இருக்கும் நேரத்திற்குச் சமமாயிருக்க வேண்டுமென்ற தேவையில்லை.*

ஊர்ப்பொழுது காணல்—முதல் முறை: ஒரு நிலையான வானாராய்ச்சி நிலையத்தில், உச்சி வட்டத் தளம் திட்டமாக நிலைநிறுத்தப்பட்டிருக்கும். ஒரு தெரிந்த விண்மீன் (α, δ) அங்கு உச்சி கடக்கும் மீன்வழி நேரத்தை நுட்பமாகக் கணிக்க வேண்டும். (வானாராய்ச்சிக் கருவிகள் என்ற பகுதியில் இது எப்படிச் செய்யப்படுகின்றதென்பதை அறிக.) உச்சி கடத்தல் காண் கருவி, மீன்வழிக் கடிகாரம் இரண்டையும் கொண்டு இப்பதிவு செய்யப்படுகிறது. கருவிக்குரிய பிழைகளை நீக்கிப் பெறப்பட்ட மீன்வழிப் பதிவு நேரம் அவ் விண்மீனின் வல

* எடுத்துக்காட்டாக, இந்தியா முழுவதும் *I. S. T.* எனப்படும் இந்திய நியம நேரம் அமலிலுள்ளது. ஆனல், நெட்டாங்குப்படி, 70°E உள்ள ஓரிடத்தில் ஊர்ப்பொழுது, கி. ச. க. நேரத்தைவிட 70×4 நி. அதிகமாகவும், 72°E உள்ள ஓர் இடத்தில் ஊர்ப்பொழுது கி. ச. க. நேரத்தைவிட 72×4 நி. அதிகமாகவும் இருக்கும். ஆனல், இவ்விரண்டிடங்களிலும் அமல் நேரம் கி. ச. க. நேரத்தைவிட 5 ம. 30 நி. (330 நி.) அதிகமாகத்தான் ஏற்றுக்கொள்ளப்பட்டு வழக்கிலுள்ளது.

ஏற்றத்திற்குச் சமமென நாம் அறிவோம் ($t = \alpha \pm h$). எனவே, கடிகாரப் பிழையைத் திருத்திக்கொண்டு, மீன்வழி அளவில் அந்தத் தருணம் உள்ள மீன்வழி நேரம் காணலாம். பகுதி 12 பிரிவு C-ல் விளக்கப்பட்டிருக்கும் முறைப்படி மீன்வழி நேரங் கொண்டு, ஊர்ப்பொழுதைக் கணிக்க முடியும். ஆனால், இம்முறை கப்பலில் செல்லும் மாலுமிக்குப் பொருத்தமாகாது ; ஏனெனில், அவனுடைய உச்சி வட்டம் அவனோடு பயணம் செய்துகொண்டே யிருக்கிறது.

13-4·3. இரண்டாவது முறை : ஒரு தெரிந்த விண்மீனுக்குப் பதிலாக, கதிரவனது கீழ், மேல் வரம்புகள் உச்சி கடக்கும் நேரங்களைச் சாதாரண கடிகாரம் கொண்டு பதிவு செய்து, அவ்விரண்டின் சராசரியை எடுத்தால், அவ்விடத்தில் கதிரவனின் மையம் உச்சி கடக்கும் நேரம் தெரியவரும். இது அவ்வூர் கடிகாரப்படி பெறப்பட்ட நேரம். இதே மாதிரி மற்றொரு காட்சியாளன் அதே சமயத்தில் அதே இடத்தில் கிரானு மீட்டர் உதவியுடன் கதிரவன் மையம் உச்சி கடக்கும் கிரீனிச் நேரத்தைக் கணிக்கவேண்டும். மாலுமிப் பஞ்சாங்கத்தின் உதவியுடன் அன்றைக்குரிய குறிப்புகள் சிலவற்றை எடுக்கவேண்டும்.

(1) அன்று கி.ச.க. நள்ளிரவுக்குரிய காலக் குறை—நிறைச் சமன்பாடு.

(2) அச் சமன்பாடு அன்று மணிக்கு மணி (hourly) மாறும் விகிதம்.

இவை கொண்டு, அன்று காட்சிப் பதிவு செய்த நேரத்திற்குரிய காலக் குறை நிறைச் சமன்பாடு கணிக்க வேண்டும். அன்று கதிரவன் உச்சி கடக்கும்போது காட்சிப் பதிவு நடந்தபடியால், அத்தருணம் தோற்றக் கதிரவன் வழி நேரம் = நண்பகல் 12 மணி.

இப்போது உச்சி கடந்த நேரத்திற்குரிய ச. க. வழிப்படி ஊர்ப் பொழுது $T = 12$ மணி—சற்று முன் கணிக்கப்பட்ட அத்தருணத்திற்குரிய காலக் குறை நிறைச் சமன்பாடு எனப் பெறப்படும். T என்பது, அந்த ஊரில் தோற்றக் கதிரவன் உச்சி கடக்கும் தருணத்தில், ச. க. வழிப்படியுள்ள ச. க. நேரமாகும். கிரீனிச் கடிகாரப்படி, அப்போது நேரம் T_1 ஆனால், $T_1 - (12 \text{ மணி} - E)$ என்பது அவ்விடத்தின் சரியான நெட்டாங்காகும். இம்முறை மாலுமிகளுக்குப் பயன்படும். பின்வரும் எடுத்துக்காட்டுகள் இம் முறையை விளக்கும்.

எ. கா. (1) : ஒரு கப்பலில் தோற்றக் கதிரவன் நண்பகலில் பின்வரும் பதிவுகள் செய்யப்பட்டன.

கி. ச. க. நேரம் 14 ம. 30 நி. 26 வி. மாலுமிப் பஞ்சாங்கப்படி, அன்று கி. நண்பகலில் $E = -7$ நி. 38·6 வி.; மணிக்கு மணி E-ன்

வேறுபாடு = −·54 வி. அக் கப்பலிருக்குமிடத்தின் ஊர்ப்பொழுதையும் அவ்விடத்தின் நெட்டாங்கினையும் கணிக்க.

தோற்றக் கதிரவன் நேரம்	=	12 மணி
கி. ச. க. நண்பகலில் E	=	−7 நி. 38·6 வி.
மணிக்கு மணி மாற்றம்	=	−·54 வி.

எனவே, கி. ச. க. நேரமாகிய 14 ம. 30 நி. 26 வி., அதாவது நண்பகல் கழித்து 2 ம. 30 நி. 26 விநாடிக்குரிய

E = − 7 நி. 38·6 வி.
− 2·5×0·54 வி.
= − 7 நி. 40 வி.

∴ கப்பலிருக்கும் இடத்தின் ஊர்ப்பொழுது (ச. க.)
= 12+7 நி. 40 வி.
= 12 ம. 7 நி. 40 வி.

கி. ச. க. நேரம் = 14 ம. 30 நி. 26 வி.

∴ நேர வேறுபாடு = கப்பலிருக்கும் இடத்தின் நெட்டாங்கு
= 14 ம. 30 நி. 26 வி.−12 ம. 7 நி. 40 வி.
= 2 ம. 22 நி. 46 வி. மேற்கு.
= 35°·69 மேற்கு (தோராயமாக)

எ. கா. (2): ஏப்ரல் 6ஆம் நாள் ஒரு கப்பலில் உள்ள கிரானுமீட்டர் 10 ம. 6 நி. 4 வி. நேரம் காட்டியபோது, கதிரவன் ஏற்றக் கோணம் பதிவு செய்யப்பட்டது; மறுபடியும் கதிரவன் ஏற்றக்கோணம் அதுவே இருந்தபோது கிரானுமீட்டர் காட்டிய காலம் பிற்பகல் 4 ம. 3 நி. 12 வி. அன்று E-ன் மதிப்பு 2 நி. 20 வி. கப்பலின் நெட்டாங்கறிக. (ஏப்ரல் முதல் தேதி கிரானுமீட்டர் சரியான காலங் காட்டியது. அன்று முதல் அது தினசரி 5 வி. வேகமாகப் போகிறது.)

கிரானுமீட்டர் பிழையை முதலில் நீக்குவோம். 5 நாளில் கிரானுமீட்டர் வேகமாகச் சென்றுள்ள நேரம் =5×5=25 வி. எனவே, முதற் பதிவுக்குரிய சரியான நேரம்

= 10 ம. 6 நி. 4 வி.−25 வி.
= 10 ம. 5 நி. 39 வி. முற்பகல்.

இரண்டாம் பதிவுக்குரிய சரியான நேரம் =4 ம. 3 நி. 12 வி.−25 வி.
(இங்கு 6 மணி நேரத்திற்குரிய குறைபாடு கணக்கில் எடுக்கப்படவில்லை)
= 4 ம. 2 நி. 47 வி. பிற்பகல்.

எனவே, கப்பலுள்ள இடத்தில் கி. ச. க. படியாக உச்சி கடக்கும் நேரம்

$$= \frac{10 \text{ ம. } 5 \text{ நி. } 39 \text{ வி.} + 16 \text{ ம. } 2 \text{ நி. } 47 \text{ வி.}}{2}$$

$$= \frac{26 \text{ ம. } 8 \text{ நி. } 26 \text{ வி.}}{2}$$

= 13 ம. 4 நி. 13 வி. (கி. ச. க.)

கப்பலிடத்தில் ஊர்ப்போழ்து (ச. க. படி)

= 12 மணி − 2 நி. 20 வி.

= 11 ம. 57 நி. 40 வி.

∴ நேர வேறுபாடு = 13 ம. 4 நி. 13 வி. − 11 ம. 57 நி. 40 வி.

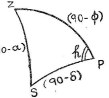
= 1 ம. 6 நி. 33 வி.

∴ கப்பலிருக்கும் இடத்தின் நெட்டாங்கு

= 1 ம. 6 நி. 33 வி. (மேற்கு)

= 16° 38′ 24″ (மேற்கு)

13–4·4. மூன்றுவது முறை: ஒரு தெரிந்த விண்மீனின் (α, δ) ஏற்றக்கோணம் அளந்து, அத்தருணத்திற்குரிய மீ. வ. நேரம் காணல். இடத்தின் அகலாங்கு ϕ கொடுக்கப்பட்டிருக்கிறது.



படம் 13–4·4

ஏற்றக்கோணம் a என அளக்கும்போது (செக்ஸ்டன்ட்—கோணமானி கொண்டு) மீன்வழி நேரம் காண்போம். அப்போது கிரானுமீட்டர்படி கி. ச. க. நேரம் T எனக் கொள்க.

படம் 13–4·4-ல் S என்பது விண்மீன்.

ZSP என்ற கோள முக்கோணத்தில்

$$\cos ZS = \cos ZP . \cos PS + \sin ZP \sin PS \cos Z\hat{P}S.$$

∴ $\sin a = \sin \phi \sin \delta + \cos \phi \cos \delta . \cos h$ என்ற தொடர்பு கிடைக்கும். இங்கு a, δ, ϕ மூன்றும் தெரியுமாதலால், hஐக் கணித்து, $t = \alpha \pm h$ என்ற வாய்பாட்டிலிருந்து tஐக் கணித்தால், அச்சமயம், அங்கு மீ. வ. நேரம் பெறப்படும். மீன்வழி நேரத்திலிருந்து, முன்பு விளக்கப்பட்ட முறைகளில் அந்த நேரத்திற்குரிய ச. க. நேரம் கணிக்க

லாம். அச்சமயம் கிராஞமீட்டர் காட்டும் நேரம் T என நாம் பதிவு செய்திருப்பதால்,

T-க்கும் அவ்விடத்திற்கு, அச்சமயத்திற்குரிய ச. க. நேரத்திற்கும் உள்ள வேறுபாடு அவ்விடத்தின் நெட்டாங்கினைத் தரும். இம்முறை மாலுமிக்குப் பயன்படும்.

13–4·5. நான்காவது முறை : ஒரே தருணத்தில் இரு தெரிந்த விண்மீன்களின் ஏற்றக் கோணங்களை அளந்து, அவ்விடத்தின் அகலாங்கு, நெட்டாங்கு இரண்டையும் காணல் :

இம்முறைப்படி ஓரிடத்தின் அகலாங்கு காணும் முறை முன்னர் பகுதி 9-ல் விளக்கப்பட்டிருக்கிறது. அங்குக் கண்ட முறையைத் தொடர்ந்து (படம் 9–3·1-ல்) $\angle ZPS_1$-ன் அளவைக் கணிக்க இயலும். அந்த அளவானது S_1 என்ற விண்மீனின் நேரக் கோணம். இதன் மதிப்பு h_1 எனத் தெரியுமானல், $t_1 = \alpha_1 \pm h_1$ என்ற வாய்பாட்டின்படி t_1 கிடைக்கும்—அதாவது அத்தருணம் உள்ள மீ. வ. நேரம் கிடைக்கும். எனவே, அதற்குரிய ச. க. நேரம் கணிக்கலாம். அத்தருணம் கிராஞ மீட்டர்படி கி. ச. க. நேரம் T ஆனல், அவ்விடத்தின் நெட்டாங்கு பெறப்படும்.

13–4·6. ரேடியோ சமிக்கை மூலம் நெட்டாங்கறிதல் : இப் போது ரேடியோ சமிக்கைகள் உதவிகொண்டு மண்ணுலகில் முக்கிய மான பகுதிகளில் உள்ளவர்கள் சரியான கிரீனிச் நேரத்தை அறிந்து கொள்ள முடியும். அவ்வழியாக அவர்கள் உதவிக்கிருக்கும் கிராஞ மீட்டரைத் திருத்திக்கொள்ள முடியும். ஊர்ப்பொழுதை முன் கூறிய ஏதாவது ஒரு முறையில் கண்டுபிடித்து விட்டால், அவ்வூரின் நெட் டாங்கு கணித்துவிடலாம். முதலாவதாக, காட்சியாளன் செய்யும் பதிவுகள் யாவும் பிழைகளேதுமின்றித் திருத்தப்பட வேண்டும் ; இரண்டாவதாக, கிராஞ மீட்டர் சரியான கிரீனிச் நேரம் காட்டும் வகை யில் அவ்வப்போது சரியாகத் திருத்தி வைக்கப்பட வேண்டும். கிராஞ மீட்டர் சீரான முறையில் வேகமாகவோ அல்லது வேகக் குறை வாகவோ ஓடுமாயின், அவ் வேக விகிதங்களைக் கணக்கிலெடுத்துக் கொண்டு, அவற்றிற்குரிய திருத்தங்கள் செய்யப்படவேண்டும்.

13–4·7 (1). இந்த முன்னெச்சரிக்கைகள் மிகவும் நுட்பமான பதிவு முடிவுகளைப் பெற இன்றியமையாததாகும். மற்றும் இரு இடங் களின் நெட்டாங்குகளை ஒப்பிட்டுப் பார்க்க வேண்டுமாயின், இரண்டு இடங்களிலும் ஒரே தருணத்தில் உள்ள ஊர்ப்பொழுதுகளைத் தந்தி மூலம் தெரிந்து, நேர வேறுபாட்டைக் கொண்டு, நெட்டாங்கு வேறு பாடுகளை அறியலாம்.

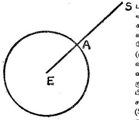
13-4·7 (2). அல்லது ஓரிடத்திலிருந்து மற்றோரிடத்திற்கு கிரானு மீட்டர்களை எடுத்துச் சென்று, பின்னர் இரண்டாம் இடத்திலிருந்து முதலிடத்திற்குக் கொண்டுவந்து, நெட்டாங்கு வேறுபாடுகளை அறியலாம்.

13-4·8. ஆனால், இம் முறைகளெல்லாம் வரலாற்று முக்கியத்துவம் படைத்தனவே யொழிய இன்று வழக்கிலில்லை; இவையெல்லாம் பண்டைய முறைகளாகிவிட்டன. இம் முறைகள்படி செய்யும் கணிப்புகளில் பிழைகள் நேர பல வாய்ப்புகள் உண்டு.

ரேடியோ சமிக்கை முறை வழக்கில் வந்த பிறகு, இவை வழக்கற்றுப் போயின. ஆனால், வரலாற்று முக்கியத்துவம்வாய்ந்த ஒரு சிறந்த முறையான சம்னர் முறையை மட்டும் இப்போது விளக்கிவிட்டு, இப் பகுதியை முடித்துவிடுவோம்.

13-4·9. சம்னர் முறை (Sumner's Method) : இந்த முறைப்படி, திசை தப்பிப்போன கப்பல் தானிருக்குமிடத்தை அறிந்துகொள்ள முடியும். இம் முறையை விவரமாகக் கூறுமுன் ஒரு சில செய்திகள் நாம் அறியவேண்டும்.

1. கதிரவன் நேர்கீழ்ப்புள்ளி (Sub-solar point) : S என்பது கதிரவன் மையம். E என்பது மண்ணுலக மையம்; SE என்ற நேர்கோடு மண்ணுலகப் பரப்பை A-ல் வெட்டுகிறது. அந்தத் தருணத்தில், அதாவது கதிரவன் S-ல் இருக்கும் தருணத்தில், A என்பது கதிரவன் நேர்கீழ்ப் புள்ளி எனப்படும் (படம் 13-4·9). ஒவ்வொரு தருணத்திற்கும் ஒவ்வொரு கதிரவன் நேர்கீழ்ப் புள்ளி இருக்கும். [இவ்வாறே, ஒரு குறிப்பிட்ட தருணத்தில், ஒரு சந்திரன் நேர்கீழ்ப் புள்ளி (Sub-lunar point) இருக்கும்; ஒவ்வொரு விண் மீனுக்கும் ஒரு நேர்கீழ்ப் புள்ளியிருக்கும் (Sub-stellar point).]



படம் 13-4·9

2. மாலுமிப் பஞ்சாங்கத்தில் பின்வரும் குறிப்புகள் கிடைக்கும்.

(a) தினந்தோறும், கிரீனிச்சில் நண்பகற் தருணத்தின்போது, கதிரவன் நடுவரை விலக்கம் கொடுக்கப்பட்டிருக்கும்.

(b) அவ் விலக்கம், மணிக்கு மணி மாறும் விகிதம் கொடுக்கப்பட்டிருக்கும் (hourly variation).

(c) தினந்தோறும், காலக்குறை-நிறைச் சமன்பாடான E கொடுக்கப்பட்டிருக்கும்.

(d) E-ன் மணிக்கு மணி மாறும் விகிதம் கொடுக்கப்பட்டிருக்கும்.

ஒரு குறிப்பிட்ட தருணத்தில், எங்கேயோ உள்ள ஒரு கப்பலில் கிரானுமீட்டர் காட்டும் கி. ச. க. மணி t எனக் கொள்க. மாலுமிப் பஞ்சாங்கம் கொண்டு அந்தத் தருணத்திற்குரிய கதிரவனது நடுவரை விலக்கம் கணிக்கலாம். அப்படி கணித்த நடுவரை விலக்கம் δ எனக் கொள்க. மேலும் மாலுமிப் பஞ்சாங்கம் கொண்டு, அத்தருணத்திற்குரிய கிரீனிச் தோற்றக் கதிரவன் நேரம் கணிக்கலாம்.

கி. தோ. க. நேரம் $= t+E$

(E-காலக் குறை-நிறைச் சமன்பாடு) அச்சமயம் கதிரவன் நேர்கீழ்ப் புள்ளியில் தோற்றக் கதிரவன் நேரம் 12 மணி; ஏனெனில், அங்குக் கதிரவன் அச்சமயம் தலை நேர் உச்சியிலிருக்கும். எனவே, அத்தருணத்தில், கதிரவன் நேர்கீழ்ப் புள்ளியின் நெட்டாங்கு

$$= | 12-(t+E) | \text{ மணி.}$$

எனவே, அக் குறிப்பிட்ட சமயத்தில் கதிரவன் நேர்கீழ்ப் புள்ளியின்,

அகலாங்கு $= \delta$; ($\because \phi = z+\delta$; $z=0$)

நெட்டாங்கு $= | 12-(t+E) |$ மணி.

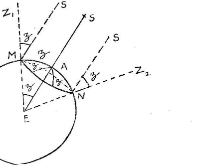
எனவே, அத் தருணத்திற்குரிய கதிரவன் நேர்கீழ்ப் புள்ளியை, மண்ணுலகின் மேல் இடங்குறித்து விடலாம்.

இப்போது கப்பலுக்குப் போவோம். கப்பல் மாலுமி, அத்தருணம் அவன் இருக்குமிடத்தில், கதிரவன் ஏற்றக் கோணத்தையும் தொடுவான தூரத்தையும், ஆல்டாஜிமத் கொண்டு கணிக்கவேண்டும். அப்படிக் கணித்துப் பெறப்பட்ட கதிரவன் உச்சி தூரம் z எனக் கொள்க.

பின்வரும் படம் 13-4·9-1 காண்க. இப்போது கதிரவன் நேர்கீழ்ப்புள்ளி (A) மையங்கொண்டு மண்ணுலகக் கோளத்தின்மேல் z ஆரம் கொண்ட ஒரு சிறு வட்டம் வரைக. அவ் வட்டம் MN.

MN என்ற சில வட்டத்தின் மேலுள்ள எல்லா இடங்களிலும் கதிரவன் உச்ச தூரம் z ஆக விருக்குமென்பதைப் படத்தில் கண்டறிக.

எனவே, கப்பலிருக்குமிடம் MN என்ற சிறு வட்டத்தின்மேல்தான் எங்காவது இருக்கும். MN என்ற வட்டம் தலவட்டம் (circle of position) எனப்படும்.



படம் 13-4·9-1

சிறிது நேரம் கழித்து, இதே மாதிரி மற்றொரு தலவட்டம் வரைந்தால், இவ்விரு தலவட்டங்களும் வெட்டிக்கொள்ளும் இரண்டு இடங்களில் ஓரிடம் கப்பலிருக்கும் இடம் எனவாகும். இவ்விரு வெட்டுமிடங்களும் பல்லாயிர மைல்கள் இடைவெளியில் இருக்குமாதலாலும், மாலுமி தான் இருக்குமிடம் மண்ணுலகப் பகுதியில் என்னவென்று தோராயமாக அவனுக்குத் தெரியுமாதலாலும், அவ்விரண்டு புள்ளிகளில் எது தானிருக்குமிடமென்று மாலுமி தெரிந்துகொள்கிறான்.

இவ்விரண்டு பதிவுகள் செய்யும் இடைநேரத்தில் கப்பல் கொஞ்ச தூரம் சென்றாலும்கூட, அதற்குரிய திருத்தங்கள் செய்துகொள்ள முடியும்.

நடைமுறையில் இவ் வழிப்படி, கப்பல் மாலுமி தன்னிடங் குறிக்கும் முறை பின்வருமாறு :

மண்ணுலகப் படம் கப்பலில் எப்பொழுதும் இருக்கும். கோளப் பரப்பின் மேலுள்ள வட்டங்கள் நேர்கோடுகளாக, அப் படத்திலிருக்கும். முன் கூறப்பட்ட இரண்டு தலவட்டங்களைக் குறிக்கும் வகையில், மாலுமி தனது மண்ணுலகப் படத்தின்மேல் இரு கோடுகள் வரைகிறான். இக் கோடுகள் சம்னர் கோடுகள் எனப்படும். இரு காட்சிப் பதிவுகள் ஒரே இடத்தில் செய்யப்பட்டால், அவ்விரு கோடுகளும் வெட்டுமிடம் கப்பலிருக்குமிடமாகும்.

இரு காட்சிப் பதிவுகளும் ஒரு குறிப்பிட்ட கால இடைவெளியில் செய்யப்பட்டிருக்குமானால், அதாவது கப்பல் நகர்ந்துகொண்டே இருக்குமானால், முதல் கோட்டை, கப்பல் நகர்ந்திருக்கக்கூடிய தூரத்திற்கு அதற்கு இணையாகவே நகர்த்தி, இரண்டாம் கோட்டை வெட்டச் செய்தல் வேண்டும். அவ் வெட்டுமிடம் கப்பலிடத்தைக் குறிக்கும்.

13–5. விண்மீன் நேர்கீழ்ப் புள்ளி: இப் புள்ளி யாதென முன்னர் வரையறுத்தோம். கதிரவன் நேர்கீழ்ப் புள்ளியின் உதவிக்குப் பதிலாக, இரு தெரிந்த விண்மீன்களின் நேர்கீழ்ப் புள்ளிகளின் உதவி கொண்டும், கப்பலிடத்தைக் குறிக்கலாம். இரு விண்மீன்கள் (α_1, δ_1), (α_2, δ_2) எனக் கொள்க. அவற்றிற்குரிய நேர் கீழ்ப்புள்ளிகள் S_1, S_2 எனக் கொள்க. ஒரு குறிப்பிட்ட சமயத்தில், ஒருங்கே அளக்கப்பட்ட, அவற்றின் உச்சி தூரங்கள் முறையே z_1, z_2 எனக் கொள்க. அச்சமயம் கிரானுமீட்டர்படி பதிவு செய்யப்பட்ட கி.ச.க. நேரம் t எனக் கொள்க.

முதல் விண்மீனின் நேர்கீழ்ப்புள்ளி S_1 ஆகையால், S_1 என்ற இடத்தில் அத்தருணத்தில் மீன்வழி நேரம் α_1; அவ்வாறே S_2 என்ற இடத்தில் அத்தருணத்தில் மீன்வழி நேரம் α_2. அத்தருணம் கி.ச.க. நேரம் t எனப் பதிவு செய்யப்பட்டிருக்கிறது. t-க்குரிய கி. மீ. வழி நேரம் t_1 எனக் கணித்துக்கொண்டால் $|t_1 - \alpha_1|$ என்பது, S_1 என்ற இடத்தின் நெட்டாங்கு; அவ்விடத்தின் அகலாங்கு δ_1. அவ்வாறே S_2 என்ற இடத்தின் நெட்டாங்கு $|t_1 - \alpha_2|$; அவ்விடத்தில் அகலாங்கு S_2.

எனவே S_1, S_2 என்ற இடங்களை மண்ணுலகக் கோளத்தின்மேல் இடங் குறித்துவிடலாம். S_1 மையங்கொண்டு z_1 ஆரங்கொண்டு, மண்ணுலகக் கோளப் பரப்பின் மேல் ஒரு சிறு வட்டம் வரைக.

S_2 மையங்கொண்டு, z_2 ஆரங்கொண்டு மண்ணுலகக் கோளப் பரப்பின்மேல் மற்றொரு சிறு வட்டம் வரைக. இவ்விரு வட்டங்கள் வெட்டுமிடம் இரண்டு. அவற்றில் ஒன்று கப்பல் இருக்குமிடமாகும்.

பயிற்சி 13

(E என்பது காலக்குறை - நிறைச் சமன்பாடு எனக் கொள்க.)

1. ஓரிடத்தில் கதிரவன் உச்சி கடக்கும்போது, கி.ச.க. நேரம் 5 ம. 4 நி. 30 வி. இடத்தின் நெட்டாங்கு காண்க. அன்று E-ன் மதிப்பு 16 நி. 12 வி.
(அ)

2. ஒரு விண்மீனைப் பற்றிய காட்சிப் பதிவுகள் கொடுக்கப்பட்டிருக்கின்றன. அவற்றைப் பயன்படுத்தி அவ் விண்மீன் உச்சி கடக்கும் நேரத்தை இந்திய நியம நேர அளவில் தருக.

டப்லின் (Dublin) என்ற ஊரின் நெட்டாங்கு 6° 20′ 15″ மே. ஒரு குறிப்பிட்ட விண்மீனின் வல ஏற்றம் 8 ம. 54 நி. 34 வி. காட்சி நாள் ஆரம்பமாகும் சராசரிக் கதிரவன் நள்ளிரவில் கிரீனிச் விண்மீன் வழி நேரம் 23 ம. 53 நி. 6 வி. (அ)

3. சென்னையின் கிழக்கு நெட்டாங்கு 5 ம. 20 நி. 59 வி. ஒரு குறிப்பிட்ட நாள் கி. ச. க. நண்பகலுக்குரிய விண்மீன் காலம் 17 ம. 23 நி. 56 வி. அன்று சென்னையில் 4 ம. 29 நி. 10 வி. ஏற்றமுள்ள விண்மீன் உச்சி கடக்கும் நேரம் யாதென இ. நி. நேரத்தில் காண்க. (அ)

4. கி. ச. க. நேரம் 13 ம. 14 நி. 45 வி.; அப்போது கதிரவனின் நடுவரை விலக்கம் 3° 13′ தெ. அன்று E-ன் மதிப்பு +10 நி. 19 வி. மண்ணுலகில் கதிரவன் நேர்கீழ் நிலை யாதெனக் காண்க. (செ)

5. ஜூலை 3ஆம் தேதி ஒரு கப்பலில் கீழ்க்கண்ட அளவுப் பதிவுகள் செய்யப்படுகின்றன. கி. ச. க. நேரம் முற்பகல் 10 ம. 58 நி. 32 வி.

கதிரவன் ஏற்றக்கோணம் $\alpha°$

கி. ச. க. நேரம் பிற்பகல் 5 ம. 37 நி. 24 வி.

கதிரவன் ஏற்றக் கோணம் $\alpha°$.

ஜூன் 21ஆம் நாள் அக் கடிகாரம் 1 நி. 12 வி. வேகக் குறைவு; தினமும் 3 வி. இழக்கிறது. ஜூலை 3ஆம் தேதி $E = +3$ நி. 47 வி. கப்பல் இருக்கும் நெட்டாங்கு காண்க. (செ)

6. ஏப்ரல் 21ஆம் தேதி இ. நி. நேரம் முற்பகல் 8–30-க்கு, மண்ணுலகின் மேல் கதிரவன் நேரெதிர்ப் புள்ளி எங்கிருக்கும்?

7. ஒரு நாள் கீழ்க்காணும் பதிவுகள் ஒரு கப்பலில் செய்யப்படுகின்றன.

கி. ச. க. நேரம் = 15 ம. 17 நி. 48 வி.

தோ. க. எற்றக் கோணம் 89° 34′.

இடத்தில் அகலாங்கு 23° 3′.

தோ. க. நடுவரை விலக்கம் 23° 13′.

E + 0 நி. 12 வி.

கப்பலிருக்கும் இடத்தின் அகலாங்கு 49° 4′ மே. அல்லது 49° 56′ மே. என நிறுவுக.

8. மேற்குப் பக்கமாகப் பறந்து செல்லும் ஒரு வானக் கப்பல், உலகத் தேதி வரையை வெள்ளிக் கிழமை நியம நேரம் 9–30 மணிக்குக்

கடக்கப் போகிறது. 10 நி. கழித்து அது அக் கோட்டைக் கடந்தவுடன் என்ன நாள் என்ன மணியெனக் காண்க.

9. கிழக்குப் பக்கமாகப் பறந்து செல்லும் ஒரு வானக் கப்பல் உலகத் தேதி வரையை ஜூன் 10ஆம் நாள் புதன் கிழமை நியம நேரம் 7 மணிக்குக் கடக்கப் போகிறது. அக் கோட்டைக் கடந்து 90 நிமிடங்களுக்குப் பின்பு என்ன தேதி, என்ன நாள், என்ன மணியெனக் காண்க.

10. கி. ச. க. உச்சி கடந்து T மணிக்குப் பின்பு ஒரு தெரிந்த விண்மீன் (α, δ) உச்சி கடக்கிறது. அதன் ஏற்றக் கோணம் $h°$. மாலுமிப் பஞ்சாங்கப்படி அன்று கி. ச. க. நண்பகலில் ச. கதிரவனின் வல ஏற்றம் t மணிகள். இக் காட்சியிடத்தில் அகலாங்கு $(90°+\delta-h°)$ எனவும், மேற்கு நெட்டாங்கு $15\left[(t-\alpha)+T\left(\frac{366\cdot25}{365\cdot25}\right)\right]$ எனவும் நிறுவுக.

விண்மீன் உச்சி கடக்கும் கி. மீ. வ. நேரம் $= t+T\left(\frac{366\cdot25}{365\cdot25}\right)$.

ஊர்ப்பொழுது மீ. வ. நேரம் $= \alpha$.

$$\phi = z+\delta.$$
$$= (90-h)+\delta$$

அகலாங்கு $= \left| t+T\left(\frac{366\cdot25}{365\cdot25}\right)-\alpha \right|$ மணி.

$= 15 \left| t+T\left(\frac{366\cdot25}{365\cdot25}\right)-\alpha \right|$ பாகைகள்.

11. மார்ச்சு 21ஆம் நாள் விண்மீன் [5 ம. 52 நி., +7°24′] சிதம்பரத்தில் (அகலாங்கு 11° 25′ வ.) உச்சி கடக்கும்போது அதன் ஏற்றக் கோணமென்ன? ஊர்ப்பொழுது என்னவெனக் காண்க. அன்று $E =$ 7 நி. 26 வி.

(அ)

12. ஓரிடத்தில் தோற்றக் கதிரவன் நண்பகல் நேரம் கி. ச. க. நேரம் 5 ம. 4 நி. 30 வி. $E = +6$ நி. 12 வி. அவ்விடத்தின் நெட்டாங்கென்ன?

(செ)

13. கிராணுமீட்டர்படி, 2 ம. 30 நிமிடத்திற்கும், 4 ம. 30 நிமிடத்திற்கும், கதிரவன் ஓரிடத்தில் சம ஏற்றக் கோணங்களில் காணப்பட்டது. அன்று $E = +6$ நி. ஆனால், அவ்விடத்தின் நெட்டாங்கு காண்க.

(செ)

14. கிரானுமீட்டர்படி, 11 ம. 36 நி. 4 விஞடிக்கும், 14 ம. 33 நி. 12 விஞடிக்கும், கதிரவன் ஓரிடத்தில் சம ஏற்றக் கோணங்களில் காணப்பட்டது. அன்று $E = -4$ நி. 8 வி. ஆனல், அவ்விடத்தின் நெட்டாங்கு காண்க. (செ)

15. கிரானுமீட்டர்படி, மார்ச்சு 7ஆம் தேதி காலே 10 ம. 54 நிமிடத்திற்கும், பிற்பகல் 8 ம. 38 நிமிடத்திற்கும், கதிரவன் ஓரிடத்தில் சம ஏற்றக் கோணங்களில் காணப்பட்டது. கிரீனிச்சில் மார்ச் 7ஆம் தேதியிலும் 8ஆம் தேதியிலும், E-ன் மதிப்புகள் முறையே $+11$ நி. 12 வி.; $+10$ நி. 57 வி. அவ்விடத்தின் நெட்டாங்கறிக. (செ)

16. ஒரு கப்பல் ஒரு நாள் இலண்டனைவிட்டுப் புறப்பட்டுப் பயணம் ஆரம்பித்த 20ஆம் நாள் ஜமைக்கா (நெட்டாங்கு மேற்கு 77° 36′ 40″) சேருகிறது ; போய்ச் சேரும் ஜமைக்கா நேரம் காலே 9 மணி. பயணம் நீடித்த நாள்களெத்தனே ?

17. 1948ஆம் ஆண்டு செப்டெம்பர் 28ஆம் நாள், ஓரிடத்தில் கதிரவன் உச்சி கடந்த போது, கதிரவன் மையத்தின் ஏற்றக் கோணம் 42° 32′ 45″. அப்போது கிரானுமீட்டர்படி நேரம் 12 ம. 51 நி. 45 வி. பின்வரும் மாலுமிப் பஞ்சாங்கக் குறிப்புகள் கொண்டு, அவ்விடத்தின் நெட்டாங்கு, அகலாங்கு இரண்டினேயும் காண்க.

கதிரவன் நடுவரை விலக்கம் 1° 53′ 39″ ;
தினசரி நடுவரை விலக்க வளர்ச்சி 1402″·3 ;
$E = +9$ நி. 12·51 வி ;
E-ன் தினசரி வளர்ச்சி 19·96 வி.

18. பின்வரும் பதிவுகள் கொண்டு, பதிவு செய்த இடத்தின் நெட்டாங்கினேயறிக.

கதிரவன் நேரக் கோணம் 75° கி.;
கிரானுமீட்டர்படி நேரம் 11 ம. 7 நி. 31 வி.;
E-ன் மதிப்பு = — 3 நி. 55 வி. (குறை மதிப்பு);
கிரானுமீட்டர் பிழைதிருத்தம் = — 1 நி. 18 வி.

14. கதிரவன் குடும்பம்—கோள்கள்
(The Solar System—The Planets)

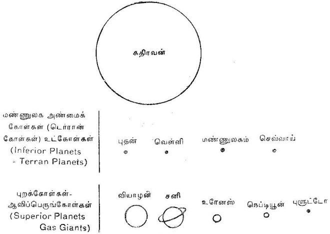
14–0. இந்நூலில் மண்ணுலகம் என்ற பகுதியில் (பகுதி 2) பால் வழிபற்றிக் குறிப்பிட்டோம். அப் பால்வழியின் வலக் கோடியில் கதிரவன் ஒரு சாதாரண விண்மீன் எனவும், அதைச் சார்ந்து, மண்ணுலகம் உட்பட ஒன்பது கோள்கள் உள்ளனவென்றும், அவை குறிப்பிட்ட காலவட்டங்களில் கதிரவனைச் (கெப்ளர் விதிகளுக்குட்பட்டு) சுற்றி வருகின்றன வெனவும் நாம் பார்த்தோம். இவ் வொன்பது கோள்கள் தவிர, ஆயிரக்கணக்கான சிறிய கோள்களும் (asteroids) உள்ளன. இச் சிறிய கோள்களும் கதிரவனைச் சுற்றி வருகின்றன.*

14–1. கதிரவனை மையங்கொண்ட இக்கோள்கள் யாவும் கதிரவன் குடும்பம் எனப்படும். அக்கோள்கள், அண்மை-சேய்மை வரிசைப்படி பின்வருமாறு : கதிரவனை அடுத்து வரிசையாக,

1. புதன் (Mercury)
2. வெள்ளி (Venus-சுக்கிரன்)
3. மண்ணுலகம் (Earth)
4. செவ்வாய் (Mars-அங்காரகன்)
5. வியாழன் (Jupiter-குரு)
6. சனி (Saturn)
7. உரேனஸ் (Uranus-திருதி)

* இன்று நமக்குத் தெரிந்தவரையில் கதிரவன் என்ற விண்மீனுக்கு மட்டுமே உற்ருர் உறவினரென அதை விட்டுப் பிரியாது எப்போதும் அதைச் சுற்றிக் கொண்டேயிருக்கும் ஒரு குடும்பம் உள்ளது. மற்ற விண்மீன்களுக்கும் இம்மாதிரியான கோள்கள் குடும்பம் இருப்பினும் இருக்கலாம். அக் குடும்பங்களில் (மண்ணுலகத்தைப் போல) எங்கேனும் உயிரினங்கள் வாழலாம்; அல்லது உயிரினங்கள் வாழும் சூழ்நிலைகள் இருக்கலாம்; அல்லது இனிமேலும் உருவாகலாம்.

பிற்குறிப்பு IV-ல் கதிரவனைப் போல கோள்பெற்ற விண்மீன்கள் பற்றிய குறிப்பினைப் பார்க்கவும்.


கதிரவன்
மண்ணுலக அண்மைக் கோள்கள் (டெர்ரான் கோள்கள்) உட்கோள்கள் (Inferior Planets - Terran Planets)
புதன்
வெள்ளி
மண்ணுலகம்
செவ்வாய்
புறக்கோள்கள்- ஆவிப்பெருங்கோள்கள் (Superior Planets Gas Giants)
வியாழன்
சனி
உரோனஸ்
நெப்டியூன்
புளுட்டோ

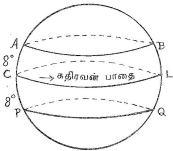
படம் 14-1

8. நெப்டியூன் (Neptune-வருணன்)
9. புளூட்டோ (Pluto-குபேரன்)

இவையன்றி, செவ்வாய்க்கும் வியாழனுக்குமிடையே ஓராயிரம் சிறு கோள்கள் இயங்குகின்றன. இவற்றுள் முக்கியமானவை, சீரஸ் (Cerea), ஈராஸ் (Eros) என்பவை. கி. பி. பதினெட்டாம் நூற்றாண்டுக்கு முன், நம் முன்னோர்கள், மண்ணுலகம் தவிர, புதன், வெள்ளி, செவ்வாய், வியாழன், சனி என்ற ஐந்து கோள்கள் மட்டுமே இருந்ததாக எண்ணியிருந்தனர். அதன் பிறகே கடைசி மூன்று கோள்களும் கதிரவனைச் சுற்றி வரும் மற்றையக் கோள்களெனக் கண்டுபிடிக்கப்பட்டு, கதிரவன் குடும்பத்தோடு சேர்க்கப்பட்டன.

கதிரவனோடு ஒப்பிடும்போது, இக் கோள்கள் யாவும் மிகச் சிறியவை; மண்ணுலகத்தோடு ஒப்பிடும்போது, சில மிகப் பெரியவை. இவை கதிரவனிலிருந்து இருக்கும் சராசரி தூரங்களும், இவற்றின் விட்டங்கள், அடர்த்தி முதலியனபற்றி, **பட்டியல்** *I*, *II* (பக்கம் 36, 37) காண்க. பின்வரும் படம், ஓரளவு, இவற்றின் அளவுகளை ஒப்பீடு செய்து காட்டுகிறது.

14-1·1. கதிரவன் வீதி—இராசிச் சக்கரம் (The Zodiac): நம் முன்னோர்களுக்குத் தெரிந்து ஐந்து கோள்களின் (புதன், வெள்ளி,



படம் 14-1·1

செவ்வாய், வியாழன், சனி) இயங்கு வழிகள் கதிரவன் பாதைக்கு (the ecliptic) மேலும் கீழும் 8° அகலமுள்ள மண்டலத்திற்குள் அடங்கி

யிருப்பதாக அவர்கள் அறிந்திருந்தனர். இந்த மண்டலத்திற்குத்தான் கதிரவன் வீதி அல்லது இராசிச் சக்கரம் என்று பெயர். படம் 14-1·1-ல் CL என்பது கதிரவன் பாதை ; $ABPQ$ என்ற கோளப்பகுதி இராசிச் சக்கரம்.

இவ் வளையம் 30° அகலமுள்ள பன்னிரண்டு சமபாகங்களாகப் பிரிக்கப்பட்டிருக்கிறது. இப் பிரிவுமுறை நம் நாட்டில் இன்னும் பயன்படுத்தப்படுகிறது. கதிரவன் இந்தப் பகுதிகளில் இருக்கும் காலம் தமிழ், மலையாள மாதங்களாகும். இவ் விராசிகளின் பெயர்களாவன :

மேடம் (Aries)	துலாம் (Libra)
இடபம் (Taurus)	விருச்சிகம் (Scorpio)
மிதுனம் (Gemini)	தனுசு (Sagittarius)
கடகம் (Cancer)	மகரம் (Capricorn)
சிங்கம் (Leo)	கும்பம் (Acquarius)
கன்னி (Virgo)	மீனம் (Pisces)

கதிரவன் இவற்றிடையே இருக்கும் காலம் சித்திரை முதல் உள்ள பன்னிரண்டு மாதங்களாகும். மலையாள நாட்டில் இவ் விராசிகளின் பெயர்களே மாதங்களின் பெயர்களாகும்.

14-1·2. கி. பி. 18ஆம் நூற்றாண்டுக்கு முன், இம் மண்ணுலகம் உட்பட, ஆறு கோள்கள் மட்டுமே வானியலில் இடம் பெற்றிருந்ததாகக் கூறினோம். கி. பி. 1781ஆம் ஆண்டு மார்ச்சு 13ஆம் நாள் சர் வில்லியம் ஹெர்ஷல் (Sir William Herschel), கதிரவன் குடும்பத்தில் ஏழாவது கோள் உரேனஸ் இருப்பதைக் கண்டறிவித்தார்.

அதற்கு முன்னர் கெப்ளர், செவ்வாய்க்கும் வியாழனுக்கும் இடைப்பட்ட பெருவெளியிலே ஒரு கோள் இருந்தாக வேண்டுமெனக் கூறிச் சென்றார். கி. பி. 1801-ஆம் ஆண்டு, ஜனவரி முதல் தேதியன்று செவ்வாய்க்கும் வியாழனுக்கும் இடையில் ஒரு சிறு கோள் (விட்டம் 720 கி. மீ. = 450 மைல்) இருப்பதாக அறிவிக்கப்பட்டது. காலவட்டத்தில் பல்லாஸ் (Pallas - விட்டம் 500 கி.மீ. = 305 மைல்), ஜூனோ (Juno), வெஸ்டா (Vesta), ஈராஸ் (Eros) என வரிசையாக ஏறக்குறைய இதுவரை 20,000-க்கு மேற்பட்ட சிறு கோள்கள் (சிலவற்றின் விட்டம் 2 கி.மீ. = 1·25 மைல்) செவ்வாய்-வியாழன் இடைவெளியில் குறிக்கப்பட்டிருக்கின்றன ; இன்னும் பல, ஆற்றல்மிக்க தொலைநோக்கிகளால் இடங்குறிக்கப்படலாம். இது என்ன? என்ற கேள்வி கேட்க வேண்டிய நிலையில், அச் சிறு கோள்கள் நெறி பிறழாது கதிரவன் குடும்பத்தவர் போலவே, கதிரவனைச் சுற்றி வருகின்றன. ஆனால், அவற்றின் இயங்குவழிகள் முன்கூறிய கதிரவன் வீதி அல்லது இராசிச் சக்கர மண்டலத்தில் அடைபட்டிருக்கவில்லை.

இச் சிறு கோள்கள் எப்படி முதல் முதலில் உருவாயின என்பது பற்றிப் பல கருத்துகளும் பல விளக்கங்களும் கொடுக்கப்பட்டு வருகின்றன. அவற்றில் சில :

1. செவ்வாய்க்கும்–வியாழனுக்கும் இடைப்பட்ட பெரிய வெளியில் ஏதாவது ஒரு பெருங்கோள் முதலிலே இருந்து, உட்சக்தியாலோ, வெளி சக்திகளாலோ வெடித்து, சிறு கோள்களாக மாறி இருக்கலாம்.

2. அந்த இடைவெளியில் உருவாகி வந்த ஒரு கோள், வியாழனின் ஈர்ப்புச் சக்தியின் ஆற்றல் தாங்கமுடியாமல், சின்னாபின்னமாகச் சிதறிப் போயிருக்கலாம் (வான வெளியில் ஏற்பட்ட ஒரு கருச் சிதைவு —a cosmic abortion).

3. ஆரம்பத்தில் செவ்வாயின் துணைக்கோளாயிருந்த ஒரு விண் பொருள் (Satellite of Mars) எப்படியோ வழி தவறிப்போய் வெடித்துச் சிறுசிறு தனிக் கோள்களாகக் கதிரவன் குடும்பத்தோடு சேர்ந்திருக்கலாம்.

4. அதே மாதிரி வியாழனின் துணைக்கோள் ஏதாவதொன்று தன் தலைவனை விட்டுப் பிரிந்துவந்ததால், தலைவனின் ஈர்ப்புச் சக்தியான கடுஞ்சினத்திற்கு ஆளாகி, சிதறுண்டு போய், பாட்டனாகிய கதிரவனிடமே அடைக்கலம் புகுந்திருக்கலாம்.

காலம் செல்லச்செல்ல, சந்திரனிலோ அல்லது செவ்வாயிலோ மனிதன் ஒரு வானியல் ஆராய்ச்சிக்கூடம் உருவாக்கி, அங்கிருந்து இச் சிறு கோள்களை நுண்காட்சிக்குக் கொண்டுவரும்போது, அவை பற்றிய புதிர்கள் விளக்கம் பெறலாம்.

14-1·3. அடுத்த கோள் நெப்டியூன் : உரேனஸ் இடங்குறிக்கப்பட்ட பின்பு, அக் கோளின் இயக்கம் புதிய பல கேள்விகளை எழுப்பியது. உரேனஸின் இயக்கம் வானியலறிஞர் கணித்தபடி அமையாதபடியால், ஏதோ தொலை கொடுக்கும் விண்பொருள் உரேனஸின் இயக்கக் கோளாறுகளுக்குக் காரணமாகவிருக்க வேண்டுமென, வானியல் ஆராய்ச்சியாளர்கள் அவதிப்பட்டுக் கொண்டிருந்தனர். ஏதாவது மற்றொரு (கண்டுபிடிக்கப்படாத) கோள் இக் கோளாறுகளுக்குக் காரணமாயிருக்கலாமோ எனச் சிந்திக்கத் தொடங்கினர். ஏறக்குறைய ஒரே சமயத்தில், ஆங்கிலேயப் பேராசிரியர் ஆடம்ஸ் (Adams) என்பவரும், ஃபிரெஞ்சுப் பேராசிரியர் லேவேரியர் என்பவரும் (Le Verrier) அதுவரை வானியல் களஞ்சியத்தில் சேர்க்கப்படாத ஒரு புதுக் கோள் உரேனஸுக்கு அப்பால், கும்பம் (Aquarius) எனப்படும் விண்மீன் மண்டலத்தில் இருக்கலாம் எனக் கொள்கையளவில் கணித்தனர். அக் கணிப்புப்படி, 1846 ஆம் ஆண்டு, செப்டம்பர்

25ஆம் நாள் பெர்லின் (Berlin) வானியல் கூடத்திலும், செப்டம்பர் 29ஆம் நாள் கேம்பிரிட்ஜ் (Cambridge) வானியல் கூடத்திலும் அப் புதிய கோள் நெப்டியூன் நுண்காட்சியாளர் காட்சிக்குச் சிக்கியது. இது கதிரவன் குடும்பத்தில் எட்டாவது கோளாகும்.

14-1·4. ஒன்பதாவது கோள் புளூட்டோ (Pluto): இது 1930ஆம் ஆண்டு இடங்குறிக்கப்பட்டது. விவரங்கள் பின்னர் 'புளூட்டோ' என்ற தலைப்பில் காண்க.

14-1·5. மேலும் கதிரவன் குடும்பத்தைச் சார்ந்த கோள்கள் உண்டா? இக் கேள்விக்கு முடிவான பதில் கூறுவது இயலாது. பிக்கரிங் (Pickering) என்ற வானியல் அறிஞர், புளூட்டோவுக்கு அப்பால் குறைந்தது ஒரு கோள் இருக்கலாம் என்றும், ஒன்றுக்கு மேலிருந்தாலும் வியப்பில்லையென்றும் கூறுகிறர். காலந்தான் அவர் கூற்றை விளக்க முடியும்.

14-1·6. கதிரவனிடமிருந்து இக் கோள்கள் இருக்கும் தூரங்கள்: வானியல் முறைப்படி இக் கோள்களின் தூரங்களும் மற்றப் பண்புகளும் ஆராய்ந்து கணிக்கப்பட்டிருக்கின்றன. [14 : பட்டியல் *I*, *II* (பக்கம் 36, 37) காண்க.]

14-1·6-1. போட்-டிடியஸ் தூர விதி (Bode-Titius Law of distances): ஆனாலும் போட் என்பவரும் டிடியஸ் என்பவரும் கோள்களுக்கும் கதிரவனுக்கும் உள்ள தூரங்களை நாம் கவனத்தில் கொள்ளுமாறு ஒரு விதி வகுத்திருக்கிறர்கள். இன்று அது போட் விதியென்றே வழக்கிலுள்ளது. அவ் விதியாவது: 0, 3, 6, 12, 24, 48, 96, 192, 384, 768 என்ற எண்களை வரிசையாக எடுத்துக் கொள்க. இங்கு '0' தவிர, மற்றவை 'இரண்டு' பொது விகிதங் கொண்ட பெருக்கு வரிசையில் உள்ளன. பிறகு அவ் வெண்கள் ஒவ்வொன் றோடும் 4 கூட்டி, பத்தால் வகுக்க.

4 கூட்டல்: 4, 7, 10, 16, 28, 52, 100, 196, 388, 772.

10ஆல் வகுத்தல்: 0·4, 0·7, 1, 1·6, 2·8, 5·2, 10, 19·6, 38·8, 77·2.

இந்த வரிசையில் மூன்ருவது இடத்தில் இருப்பது 1. கோள்கள் வரிசையில் மூன்ருவது இருப்பது மண்ணுலகம். எனவே, கதிரவனி லிருந்து மண்ணுலக தூரம் ஓர் அலகு (one unit) எனக் கொள்க. இது வானியலில் தூரம் அளக்கும் ஓர் அலகு (Astronomical unit) ஆகும்.

இந்த அலகு கொண்டு, கதிரவனிலிருந்து வரிசையாக புதன், வெள்ளி, மண்ணுலகம், செவ்வாய், சிறு கோள்கள் வியாழன், சனி, உரே

னஸ், நெப்டியூன், புளூட்டோ முறையே 0·4, 0·7, 1, 1·6, 2·8, 5·2, 10, 19·6, 38·8, 77·2 அலகுகள் தூரத்தில் உள்ளன என போட் விதி கூறுகிறது. ஆனால், கடைசி இரு கோள்கள் (நெப்டியூன், புளூட்டோ) விலக்காக, 'போட்' விதிப்படி கணித்த தூரங்களும், வானியல் முறைப்படி சரியாகக் கணித்த தூரங்களும் ஏறக்குறைய ஒத்துப்போவது காண்க. 'போட்' விதிப்படியும், வானியல் கணிப்புப்படியும், அத் தூரங்கள் பின்வரும் பட்டியலில் தரப்பட்டிருக்கின்றன.

கோள்	'போட்' விதிப்படி தூரம்	வானியல் முறைப்படி கணிக்கப்பட்ட தூரம் (மூன்று பதின் பகுப்பு வரை)
புதன்	0·4	0·387
வெள்ளி	0·7	0·723
மண்ணுலகம்	1·0	1·000
செவ்வாய்	1·6	1·524
சிறு கோள்கள்	2·8	2·8
வியாழன்	5·2	5·203
சனி	10·0	9·539
உரேனஸ்	19·6	19·191
நெப்டியூன்	38·8	30·058
புளூட்டோ	77·2	39·518

'போட்' விதி கவனத்திற்குரிய விதியேயொழிய, வானியல் ரீதியில் நிறுவப்பட்ட (astronomically proved) விதியன்று என்பதை மறந்துவிடக்கூடாது. கதிரவனுக்கும் மண்ணுலகத்திற்கும் உள்ள சராசரி தூரம் 93×10^6 மைல்கள் அல்லது $149{\cdot}5 \times 10^6$ கி. மீ. இந்த அளவில் கடைசிக் கோள் புளூட்டோவிற்கும் கதிரவனுக்கும் இடைப்பட்ட தூரம் $39{\cdot}52 \times 149{\cdot}5 \times 10^6$ கி. மீ. $= 5908{\cdot}24 \times 10^6$ கி.மீ. இந்த அளவை நாம் ஒருவாறு கற்பனை செய்து பார்த்தால் கதிரவன் மையத்திலிருந்து மணிக்கு 8000 கி.மீ. வேகத்தில் செல்லும் ஒரு விண்வெளிக் கப்பல் நேராகப் புளூட்டோவை அடைய வேண்டுமாயின், 84 ஆண்டுகள் ஆகும் எனத் தெரியும். இவ்வளவு பெரிய விண்வெளியில் கதிரவனும், கதிரவன் குடும்பக் கோள்களும் இயங்கி வருகின்றன. இப்போது கதிரவனைச் சேர்த்து, மண்ணுலகினை விலக்கி, கதிரவன் குடும்பத்தில் உள்ள கோள்களைப்பற்றித் தனித்தனியாக நமக்கு இதுவரை தெரிந்த உண்மைகளைச் சுருக்கமாகப் பார்ப்போம்.

14–2. கதிரவன் : கதிரவன் தனது குடும்பத் தலைமைதாங்கி மையத்தில் திகழ்கிறது. எல்லாக் கோள்களும் கெப்ளர் விதிகளின்படி,

கதிரவனைச் சுற்றி இயங்கிக் கொண்டு வருகின்றன. கதிரவன் விட்டம் 1,382,400 கி.மீ. = 864,000 மைல்கள். மண்ணுலகத்திலிருந்து சராசரி தூரம் $149{\cdot}5 \times 10^6$ கி. மீ. = 93×10^6 மைல்கள். கதிரவன் தன்னைத் தானே தன் மையத்தியங்கு அச்சுகொண்டு ஒருமுறை சுற்றுகிறது. சுற்றும் காலவட்டம் 25·38 நாள்கள். இக் காலவட்டம் மாறுதலுக்குட்பட்டது (நிலைத்ததன்று). கதிரவன் ஒளியும் வெப்பமும் உயிர் வாழினங்களுக்குத் தவிர்க்க முடியாத தேவையாதலின் நமக்குக் கதிரவன் தனிச் சிறப்புடையதோர் வான்பொருளாகும்.

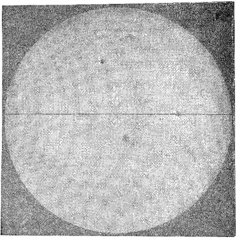
14–2·1. கதிரவன் மிகப்பெரிய அதிவெப்பமான ஆவிக் கட்டு (enormous collection of exceedingly hot gas). அதன் உள்ளே கனப்பொருள் (solid matter) என நமக்குப் பழக்கமான பொருளேதுமில்லை. அதன் வெப்பத்தில் கனப்பொருள் தன்னிலை மாறாது கனப்பொருளாக இருக்கமுடியாது. கதிரவன் வெளிப்புறத்தின் வெப்பநிலை ஏறக்குறைய 6000°F. உள்ளே செல்லச்செல்ல வெப்பநிலை வெகுவேகமாக உயர்கிறது.

நடுவே ஏறக்குறைய 20,000°F இருக்கலாம் என நம்பப்படுகிறது. [அவ்வளவு வெப்பம், அதைவிடப் பன்மடங்கு வெப்பநிலையை மனிதன் இம் மண்ணுலகிலேயே உண்டாக்கியிருக்கிறான். அழிவு வேலைக்காகப் பயன்படும் உரேனியம் வெடிகுண்டு (uranium bomb) வெடிக்கும் போது அதன் மைய வெப்பநிலை 150,000,000°F.] தற்சமயம் கதிரவன் உட்பொருள் 55% நீர்வாயு (hydrogen); 44% ஹீலியம் (helium); மீதி 1% மற்றப் பொருள்கள். கதிரவன் ஒளி, வெப்ப அலைகள் எப்போதும் பரவிக்கொண்டேயிருப்பதால் கதிரவன் ஆற்றல் குறைந்து கொண்டு வருகிறது. ஆனால், இவ்வாற்றல் குறையக் குறைய கதிரவன் உள்ளே இருக்கும் நீர்வாயு வெப்பமாக மாறி இழக்கும் ஆற்றலைச் சரிக்கட்டிக் கொண்டேவருகிறது. எனவே, கதிரவன், காலவட்டத்தில் வெப்பமிழந்து குளிர்ந்துபோய்விடுமோ என்ற நிலை ஏற்படாது என வானியல் அறிஞர்கள் தெளிவாகக் கூறுகின்றனர். கதிரவன் மண்டலத்தில் உள்ள பொருள் பண்டாரத்தில் (treasury) 99% கதிரவனிலேயே முடங்கிக் கிடக்கிறது. மீதி 1% தான் மற்றக் கோள்கள் முதலியவற்றில் பரவலாகச் சிதறிக் கிடக்கின்றது.

14–2·2. கதிரவனுக்கு நேர் எதிர்மாறான முறையில் கதிரவன் கோள்கள் அமைந்துள்ளன. கோள்கள் எதற்கும் சொந்தமான ஒளியோ வெப்பமோ கிடையாது. அவை யாவும் ஒளியையும் வெப்பத்தையும் கதிரவனிடமிருந்தே பெறவேண்டும். ஏதோ சில கோள்களுக்கு உள்வெப்பம் சிறிது இருப்பினும், அது எதற்கும் பயன்படாது. மேலும் கதிரவன் தன்னகத்தே கொண்ட பொருள்கள் வேறு. கோள்கள் தங்களுக்குள்ளே பெற்றிருக்கும் பொருள்கள் வேறு. ஒவ்வொரு

கோளும் மற்றக் கோள்களையொட்டி ஒப்புவமை காணும் வகையில் அமைந்திருப்பதாகத் தெரியவில்லை.

14–2·3. கதிரவன் கறைகள் (Sun spots): சாதாரணமாக ஒரு கறுப்புக் கண்ணாடி வழியாகக் கதிரவனைப் பார்த்தால், ஏதோ



I (14–2·3)

கதிரவன் கறைகள்

1958ஆம் ஆண்டு, ஏப்ரல் 2ஆம் நாள், வெள்ளொளியில் (white light) எடுக்கப்பட்ட கதிரவன் தட்டுப்படம் (கொடைக்கானல் வானாராய்ச்சி நிலையம்.) பெரிய கறைகள் (கருநிறம்) இருப்பதைக் காண்க.

(கொடைக்கானல் வானாராய்ச்சி நிலைய நன்கொடை.)

பெரிய பெரிய பள்ளங்களும், எரிமலைகளும் அங்கு இருப்பனபோலத் தோன்றுகின்றன. இவை கதிரவன் கறைகள் எனப்படும்.

ஒரு கறையை எடுத்துக்கொண்டால் அதன் அகப்பகுதி ஒன்றும், புறப்பகுதியொன்றும் தென்படும். அகப்பகுதி அக்கறையின் மையத்திலிருக்கும்; அதற்குக் கருநிழல் (umbra) எனப் பெயர். கதிரவன் உள்ளிருந்து மேல் எழும் வாயு, தான் விரிவதால் வெப்பம் தணிந்து, ஒரு கறைபோல அமைந்துவிடுகிறது. அக் கறைகள் வெவ்வேறு விட்டங்கள் பெற்றவை. மிகச் சிறிய கறை 2,400 கி. மீ. (1,500 மைல்) அகலமுள்ளது. மிகப் பெரிய கறைகள் 80,000 கி. மீ. (50,000 மைல்) அகலமுள்ளவை. சில கறைகள் பல கோள்களை ஒருங்கே விழுங்கிவிடக் கூடிய அகலமுடையன. கதிரவன் தன்னைத்தானே சுற்றுவதால், இக் கறைகளும் உடன் சுழன்று, இடப்பெயர்ச்சியடைகின்றன. தினசரி சில ஆயிரம் கி. மீ. கூட இப் பெயர்ச்சி ஏற்படுகிறது. 15 நாள்களுக்கு ஒரு முறை சில கறைகள் தோன்றி மறைந்து கொண்டேயிருக்கின்றன. சில கறைகள் ஆறுமாத காலவட்டத்தில் தோன்றி மறைகின்றன. வேறு சில கறைகள் ஒன்றிரண்டு நாள்களில் தோன்றி மறைகின்றன. ஒரு கறை 18 மாதங்கள் இருந்து மறைந்தது என வரலாறு கூறுகிறது.

பல வானியல் ஆராய்ச்சிக் கூடங்கள் (கொடைக்கானல் வானியல் ஆராய்ச்சிக் கூடம் உட்பட) நாள்தோறும் இக் கறைகளைப் புகைப்படம் எடுத்து அவற்றின் இயக்கத்தை ஆராய்கின்றன. அவ்வாராய்ச்சிகளின் பயனாக, அக் கறைகள், கதிரவன் நடுவரைக்கு இருபக்கங்களிலும் 35° அகலமுள்ள இரு பட்டயங்களில் ஏற்பட்டு மறைகின்றன எனக் கூறப்படுகின்றது. ஒருவேளை ஓரத்திலிருப்பவை நமது காட்சிக்குப் படாமலும் இருக்கலாம். பல ஆண்டுகள் சோதனை காரணமாக, இக்கறைகள் தோற்றம்–மறைவு, ஒரு காலவட்டத்தில் ஏற்படுகின்றனவெனவும், அக் காலவட்டம் ஏறக்குறைய 11 ஆண்டுகள் எனவும் கணிக்கப்பட்டிருக்கிறது. 11 ஆண்டுகளுக்கு ஒருமுறை இக் கறைகள் இயக்கம் மிக உயர்ந்த நிலையை எய்திப் பின்னர் குறைகிறதெனவும் கூறப்படுகிறது. ஆனால், இது மிகச் சரியான காலவட்டமென ஒத்துக்கொள்ளப்படவில்லை. படம் 14–2·3 காண்க.

14–2·4. கதிரவன் கறைகளுக்கும் மண்ணுலகத்திற்கும் உள்ள தொடர்புகள் : காந்தப் புயல்களும் துருவ மின்னொளியும்

காந்தப் புயல்கள் (Magnetic storms) மண்ணுலகில் ஏற்படுவதற்கும் கதிரவன் கறைகளின் சுறுசுறுப்பிற்கும் நெருங்கிய தொடர்புகள் உண்டு. பல கறைகள் உள்ள காலத்தில் காந்தப் புயல்களும் மிகுதி. 1875ஆம் ஆண்டிற்கும் 1903ஆம் ஆண்டிற்கும் இடைப்பட்ட 28 ஆண்டுகளில் 19 காந்தப் புயல்களைப்பற்றிச் சிறப்பாராய்ச்சி நடத்திய மாண்டர் (Maunder) கண்டு கூறிய சில முடிவுகள் : கதிரவன் நடு நெட்டாங்கில் (Central Meridian) ஒரு கறை தோன்றும்போது, காந்தப் புயல் திடீரெனத் தோன்றுகிறது. மேலும் 27·3 நாள்கள் கால

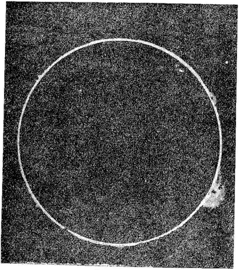
வட்டத்தில் காந்தப் புயல்கள் வலிமையுள்ளனவாயிருக்கின்றன. ஆனாலும் இக் கறைகள்தான் இப் புயல்களுக்கு நேரடியான காரணம் என்றும் கூறமுடியாது என ஒரு கருத்து நிலவுகிறது. கறைகளில்லாமலும் புயல்கள் நேரலாம்; கறைகளிருந்தும் புயல்கள் நேராமலிருக்கலாம். எனவே, இக் கறைகள் தோன்றும்போது, ஏதோ, கதிரவனுட் பகுதியில் கொந்தளிப்புகள் ஏற்பட்டு, இக் கறைகள் தோன்றலாம் எனவும், அக் கொந்தளிப்புப் பகுதியிலிருந்து வெளிவரும் மின் சுமை தாங்கிய அணுக் கூறுகள் (electrically charged particles) மண்ணுலக மண்டலத்தில் மோதலாமெனவும், அம் மோதல் காரணமாகக் காந்தப் புயல்கள் மண்ணுலகில் ஏற்படலாமெனவும் கூறப்படுகிறது. இக் கறைகளைப்பற்றி ஹேல் (Hale), ஜெர்க்னிஸ் (Bjerknes) மற்றையோர் விரிவாக ஆராய்ந்துள்ளனர். அவர்கள் கொள்கைகளைத் தனியாக அறிய வேண்டும்.

இக் காந்தப் புயல்கள் மிக வலிமை பெறும்போது, தந்திப் போக்குவரத்து சில மணி நேரம் செயலற்றுப்போய்விடுகிறது. வானொலிப் பெட்டிகள் வழியாக வரும் குரல்கள் செவிக்கின்னாத அதிர்ச்சியோடு ஒலிக்க முற்படுகின்றன.

14–2·5. துருவ மின்னொளி (Aurora) : கதிரவன் கறைகளுக்கும் மண்ணுலகில் துருவப் பகுதிகளில் இரவில் தோன்றும் செவ்வான ஒளிக்கும் தொடர்புண்டென வானியல் அறிஞர் அறிவிக்கின்றனர். இக்கறைகள் மிகுதியாகத் தோன்றும் காலத்துத் துருவ மின்னொளி மிகுந்தும், குறைவாகத் தோன்றும் காலத்துத் துருவ மின்னொளி மங்கியும் காட்சியளிக்கின்றது. சில பொருள்களை மட்டுமே தன்முகம் வலிக்கும் காந்தக் கல்லைவிட, எல்லாப் பொருள்களையும் தன்முகம் வலிக்கும் நம் மண்ணுலகம் பேராற்றல் படைத்த ஒரு காந்தப் பிழம்பு. இந்தக் காந்த சக்தி உலகத் துருவப் பகுதிகளிலே ஒருமுகப்பட்டிருக்கிறது. கதிரவனின் உட்குழப்பத்தின் வெளிவரும் மின்னணுக்கள் மழைபோல வரும்போது இக் காந்த மழையை துருவப்பகுதிகள் வலிந்திழுக்கின்றன. அதன் விளைவாகவே, துருவப் பகுதிகளில், பேரிரவில் அவ்வொளி மிகமிக விளக்கமுற்றுப் பொலிகிறது.

14–2·6. கதிரவன் முகடுகள் (Solar Prominences) : அமாவாசைத் தினத்தன்று, ஒரு குறிப்பிட்ட சூழ்நிலை உருவானால், மண்ணுலகிற்கும் கதிரவனுக்கும் குறுக்கில் சந்திரன் நின்று மண்ணுலகில் ஒரு பகுதிக்குக் கதிரவனை மறைக்கிறது. அது கதிரவன் கிரகணம் எனப்படும். அப்போது, அந்தப் பகுதியிலுள்ள காட்சியாளன், கதிரவன் வட்டத்தைச் சுற்றியிருக்கும் வரம்புப் பகுதிகளைக் காண வாய்ப்பேற்படுகிறது. அச்சமயம், கதிரவன் வரம்பிலிருந்து நீண்டுயர்ந்த தீ நாக்குகள் (tongues of flame) வெகுதூரம் செல்வதைக்

காணலாம்.* இவை கதிரவன் முகடுகள் எனப்படும். அவை பல உருவங்கள் தாங்கி நீலங்கலந்த சிவப்பு வண்ணத்தோடு, சில ஆயிரம் கி. மீட்டர்கள் வரை எழுந்து நிற்கின்றன. 1919ஆம் ஆண்டு உருவான கதிரவன் கிரகணத்தின்போது, ஒரு பெரிய தீ நாக்கு 475,000 மைல்கள்



II (14–2·6)

கதிரவன் முகடுகள்

1969-ஆம் ஆண்டு, மே மாதம் 19ஆம் நாள், கால்சியம் K-ல் (செங்கருநீலம்-Violet) எடுக்கப்பட்ட கதிரவன் படம், வரம்பில் ஒரு பெரிய முகடு இருப்பதைக் காண்க.

(கொடைக்கானல் வானாராய்ச்சி நிலைய நன்கொடை.)

* இதைப் பார்க்கும்போது, கதிரவன் ஆயிரம் சிவந்த நாக்குகளையுடையவன் என்ற கவிகளின் கூற்று உண்மைதானோ எனத் தோன்றும்.

உயரத்திற்குப் பாய்ந்து நின்றதெனக் கூறப்படுகிறது. சிறிய முகடுகள், கதிரவன் வரம்பில் மாணிக்கக் கற்கள் பதித்திருப்பது போன்ற தோற்றமளிக்கின்றன. இம் முகடுகளை முழுக் கதிரவன் கிரகணத்தின் போதுதான் பார்க்க முடியும் என்ற எண்ணம் நிலவி வந்தது. ஆனால், 1868ஆம் ஆண்டில் லாக்கேயர் (Lockeyer) என்பவ ரும், ஜான்சன் (Jansun) என்பவரும் தனித்தனியே, இம் முகடுகளை ஸ்பெக்ட்ராஸ்கோப் (Spectroscope) எனப்படும் ஒளி உடைக்கும் கருவி கொண்டே கண்டுவிட முடியும் எனச் செய்து காட்டினர். கதிரவன் கறைகளைப் போலவே, அக்கறைகளின் காலவட்டத்திலேயே (sun-spot cycle) இம் முகடுகள் உயர்வதையும் தாழ்வதையும் நாம்காணக் கூடும். இம் முகடுகள், கதிரவன் நடுவரைக்கு வடக்கிலும் தெற்கிலு முள்ள ஒரு பட்டயத்தில் தோன்றுவது அதிகம். சில முகடுகள் கதிரவன் கறைகளுக்கு அண்மையிலும் தோன்றுகின்றன. படம் 14-2·6 காண்க.

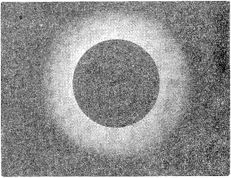
உருவம், அளவு, இயக்கம் இம்மூன்றைப் பொறுத்தவரையில் இம் முகடுகள் பல்வகைப்பட்டன. ஆனால், இம் முகடுகளை ஆராய்ந்த வானியலறிஞர் எவர்ஷெட் (Evershed), அவற்றை மேலெழுந்து பாயும் முகடுகள் (eruptive prominences) எனவும், அமைதியான முகடுகள் (quiescent prominences) எனவும் இரு பிரிவுகளாகப் பிரித்தனர்.

மேலெழுந்து பாயும் முகடுகள் : இவை ஏவுகணைகள் (rockets) போலவும், ஒளி மிகுந்த பீற்றுதாரைகள் போலவும், வளைவுகள் (arches) போலவும் கதிரவன் வரம்பிலிருந்து எழுகின்றன. இவை எழுவதைக் கதிரவன் கறைகள் எழுவதோடு தொடர்புபடுத்தலாம்.

அமைதியான முகடுகள் : இவ்வித முகடுகள், மிகப் பெரிய உருவங்கள் தாங்கியும், கூர்ங்கோபுரங்கள் (pyramids) போலவும், பெருந்தூண்கள் (columns) போலவும் இருக்கும். இவற்றிற்கும் கதிரவன் கறைகளுக்கும் தொடர்பு இருப்பதாகத் தெரியவில்லை. ஆனால், இவற்றில் சில உடைந்து, சிதறுண்டு, மேலெழுந்து பாயும் முகடுகளாக வும் மாறிவிடுகின்றன. 1938ஆம் ஆண்டில், வில்சன் மலை (Mount Wilson) வானியல் ஆராய்ச்சிக் கூடத்தில் காணப்பட்ட ஒரு முகடு, உடைந்து $2\frac{1}{4}$ மணி நேரத்தில் ஏறக்குறைய 160 இலட்சம் கி. மீ. (10^6 மைல்) கதிரவன் வரம்பிலிருந்து மேலேறிப் பாய்ந்து மறைந்த தென அறிவிக்கப்பட்டது. 1946-ல் தோன்றிய மற்றொரு முகடும் அதற்கு மேலும் உயர்ந்து மறைந்ததெனத் தெரிகிறது.

குறிப்பு : மற்றும் முகடுகளைப்பற்றி அறிய ஏனைய ஆங்கில நூல்கள் காண்க.

14–2·7. கதிரவன் ஒளிர் மகுடம் (The Corona of the Sun): கதிரவன் வட்டம் முழுவதும் மறைக்கப்பட்டு முழுக் கிரகணம் ஆரம்பிக்கும் தறுவாயிலிருந்து, கதிரவனைச் சுற்றி ஓர் ஒளி வட்டம் (aureole) நம் காட்சிக்கு வருகிறது. இது கதிரவனின் ஒளிர் மகுடம் அல்லது ஞாயிற்றின் கிரீடம் எனப் பெயரிடப்பட்டிருக்கிறது. முழுக் கிரகணம் ஏற்படும் போதல்லாது இம் மகுடம் காட்சிக்குக் கிடைப்பதரிதாகும். ஆனால், லயட் (Lyot) என்பவர் செயற்கையாக ஒரு முழுக்



III (14–2·7)

கதிரவன் ஒளிர் மகுடம்

1898ஆம் ஆண்டு, ஜனவரி 22ஆம் நாள் முழுக் கதிரவன் மறைப்பு நிகழ்ந்த காலை எடுக்கப்பட்ட கதிரவன் படம். வட்ட வரை முழுவதும் எழில்மிகு ஒளிர் மகுடம் உள்ளதைக் காண்க.

(கொடைக்கானல் வானாராய்ச்சி நிலைய நன்கொடை.)

கதிரவன் கிரகணம் உண்டுபண்ணி இம் மகுடம் காணும் வகையொன்று வகுத்திருக்கிறார். (**Sir Harold Spencer Jones** 'General Astronomy'—பக்கம் 176 காண்க.)

கதிரவனைச் சுற்றி வெள்ளொளிச் சிறகுகள் முளைத்து அடர்ந்து முகிழ்ப்பது போல, இவ்வொளிர் மகுடம் கதிரவன் மண்டலம் முழுதும்

பரவியிருக்கிறது. ஆனால், இது ஒரு மகுடம் போன்ற தன்மைத்தன்று; இது ஓரிடத்தே பெருத்தும் மற்றோரிடத்தே சிறுத்தும், ஒரு புறத்தே ஒளிமிக்கும் மற்றோரிடத்தே ஒளி மங்கியும் தோன்றுகிறது. இதன் தன்மைகள் யாவையென முழுதும் ஆராய்வதற்குப் போதிய வசதிகள் கிடைப்பது அரிதாயிருக்கிறது. முழுக் கதிரவன் கிரகணமோ மூப்ப தாண்டுக் கொருமுறை தோன்றி, மூன்று நான்கு நிமிடங்களுக்குமேல் நீடிப்பதில்லை. அக் குறுகிய கால அளவில் என்னதான் செய்யமுடியும்?

ஒரு முழுக் கதிரவன் கிரகணம் நிகழும்போது, அது மண்ணுலகில் எல்லாப் பகுதிகளிலும் தெரிவதில்லை. சில சமயங்களில் ஒரு குறிப்பிட்ட இடங்களில் மட்டுமே தெரியும் நிலை உருவாகிறது. அது எங்கு நேரினும் வானியல் ஆராய்ச்சியில் கண்ணும் கருத்துமாயுள்ள ஆராய்ச்சி யாளர்கள் பொருட் செலவு கருதாது, மற்றும் பிரயாண இடையூறுகள் எவற்றையும் பொருட்படுத்தாது, அவ்விடங்களுக்குச் சென்று, தங்கள் வானியல் ஆராய்ச்சிக் கருவிகளை நிலைக்க வைத்து, முழுக்கதிரவன் கிரகணம் எப்போது வரும் என ஏங்கிய வண்ணம் காத்திருந்து, முழுக் கிரகணம் ஆரம்பிக்கும் பொழுதிலிருந்து, முழுக் கிரகணம் முடியும்வரை சுறுசுறுப்பாக, தங்களுக்கு வேண்டிய படங்கள், குறிப்புகள் யாவும் எடுத்துக்கொள்கிறார்கள். 1970ஆம் ஆண்டு மார்ச்சு 7ஆம் தேதியன்று ஒரு முழுக் கிரகணம் உருவாயிற்று. அது மெக்ஸிகோவில் (Mexico) மட்டுமே தெரியுமெனக் கணிக்கப்பட்டது (இந்தியாவில் தெரியாது.) வானியல் ஆராய்ச்சியில் ஈடுபட்ட பல நாட்டு வானியல் அறிஞர்கள் சில நாள்களுக்கு முன்னரே, கிரகணம் தோன்றுமிடத்தில் குவிந்தனர். நல்வாய்ப்பின் பயனாக முழுக் கிரகண நேரம் முற்றிலும் வானத்தில் எந்தக் கருமுகிலும் குறுக்கிடவில்லை. தங்களுக்கு வேண்டிய படங்கள், காட்சிக் குறிப்புகள் யாவும் எடுத்துக் கொண்டனர். சில ஆண்டுகளுக்கு முன்பு, ஒரு முழுக் கிரகணம் இலங்கையில் தெரியும் வகையில் உருவாயிற்று. உலகெங்கணுமிருந்து வானியல் வல்லுநர்கள் முழுக் கிரகண நேரத்தை அங்கு எதிர்பார்த்துக் கொண்டிருந்தபோது, ஒரு கருமுகில் வானத்தில் தவழ்ந்து வந்து சரியாக முழுக் கிரகண நேரத்தில் கதிரவனை முற்றிலும் மறைத்து விட்டது. கிரகணம் முடிந்த பின்பே, அம் முகில் இடம் பெயர்ந்தது. வானியல் அறிஞர்கள் யாவரும் பெரும் ஏமாற்றத்தோடு, எதிர்பார்த்த நல்வாய்ப்பினை இழந்து நாடு திரும்பினர். செலவான பொருளும் அதிகம்; அவ்வளவும் வீண் விரயமாயிற்று.

14–2·8. கதிரவன் வீதி எழிலொளி (Zodiacal Light): மற்றொரு வியத்தகு காட்சிக்கும் கதிரவனுக்கும் தொடர்புண்டு. இதுவும் கதிரவன் மகுடத்தோடு தொடர்புடைத்து எனக் கூறப்படு கிறது. இது கதிரவன் வீதி எழிலொளி அல்லது இராசிச் சக்கரத்தின் எழிலொளி எனப் பெயர் பெறும். கதிரவன் மறைந்த பின்பு,

சந்திரனற்ற நீல மேல்வானத்தை நோக்கின், கதிரவனிலிருந்து புறப்பட்டு வருவது போல ஒரு கூம்பு (cone) வடிவான ஓர் ஒளிக் கற்றை மங்கலாகத் தெரியும். அவ்வாறே நீலக் கீழ்வானத்திலும், கதிரவன் எழுவதற்கு முன்பு ஓர் ஒளிக்கற்றை கூம்பு வடிவில் தன் கதிர்களை விரித்திருப்பது தெரியும். இக் கூம்பின் பரந்த பகுதி தொடுவானத்தமைந்து, வானத்தில் செல்லச் செல்லக் கூம்பிவிடும்; மங்கலாகிவிடும். இதன் போக்கு, கதிரவன் பாதையிலேயமைந்து, ஏறக்குறைய 90° வரை பரவியிருக்கும். கதிரவன் பாதை, தொடு வானத்திற்கு மிகவும் சாய்ந்திருக்கும் காலங்களில் ஒளி மிகுந்திருக்கும்; அதாவது, மண்ணுலகின் வெப்பமண்டலத்தில் மிகத் தெளிவாகப் புலப் படும். ஏனெனில், வெப்பமண்டலத்தில்தான் கதிரவன் பாதை, தொடு வானத்திற்கும் மிகச் சாய்வு பெற்றிருக்கிறது. (கதிரவன் பாதை மீப்பெரு சாய்வு $90-\phi+\omega$; மீச்சிறு சாய்வு $90-\phi-\omega$). அந்திப் பொழுதொடு (Twilight) இவ்வொளியும் கலப்பதால், இவ்வொளியை அந்திப்பொழுதொளியோடு நாம் தவறுதச் சேர்த்துவிட வாய்ப்புண்டு. கதிரவனிலிருந்து 30° தூரத்திற்கு அப்பால், இவ் வெழிலொளி சிறப் பாகத் தோன்றும். ஒளிப்பொருளை வாரி வழங்கியது போல, நெடுக நின்று ஒளிர்கின்ற இக் காட்சி வியத்தகு காட்சியேயாம்.

கதிரவன் குடும்பத் தலைவனை கதிரவனைப்பற்றி இதுவரை நாமறிந்த சிலவற்றைப் பார்த்தோம். இனி அக் குடும்பத்தில் அங்கம் வகிக்கும் ஒவ்வொரு கோளையும் பற்றிச் சுருக்கமாக, இதுவரை நாமறிந்த சில செய்திகளைப் பார்ப்பேபாம். இக் கோள்களைப்பற்றிய சில புள்ளி விவரங்கள் கதிரவனிலிருந்து தூரம், அவற்றின் விட்டம் முதலியன பட்டியல் 14-I, II-ல் (பக்கம் 36, 37) கொடுக்கப்பட்டிருக் கின்றன. அப்பட்டியலில் உள்ளவற்றை முதலில் சற்றுக் கவனமாகப் பார்த்துக்கொள்ளலாம். பின்னர் ஒவ்வொரு கோளைப்பற்றியும் சில சிறப்புத் தன்மைகளைப் பார்க்கலாம்.

14–2·9. கதிரவனைச் சுற்றியிருக்கும் ஒன்பது கோள்களில் பூமியின் இயங்கு பாதைக்கு உட்புறம் புதன், வெள்ளியினுடைய இயங்கு பாதைகள் உள்ளன. இவ்விரு கோள்களும் உட்கோள்கள் (Inferior or Inner planets) எனப்படும். மண்ணுலகிற்கு வெளிப் புறம் தங்கள் இயங்குவழி கொண்டுள்ள மீதி 6 கோள்களும்–செவ்வாய், வியாழன், சனி, உரேனஸ், நெப்டியூன், புளுட்டோ–புறக்கோள்கள் (Superior or Outer planets) எனப்படும். மற்றொரு வகையிலும் இக்கோள்கள் பிரிக்கப்பட்டு வழக்கிலிருக்கின்றன. புதனும் வெள்ளியும் ‘டெர்ரான்’ (Terran) கோள்கள் அல்லது ‘பூமியைப் போன்ற’ (Earth like) கோள்கள் எனவும், மீதி 6 கோள்களும் ‘ஆவிப்பெருங் கோள்கள்’ (Gas giants) அல்லது ‘கதிரவன் போன்ற’ (Sun like)

கோள்கள் எனவும் பாகுபடுத்தப்பட்டிருக்கின்றன. ஏனெனில், 'டெர்ரான்' கோள்களுக்குச் சில பொதுவான தன்மைகளும், 'ஆவிப் பெருங்கோள்'களுக்குச் சில வேறுபட்ட பொதுவான தன்மைகளும் உண்டு. பின்வரும் ஒப்பீடுகளைக் காண்க.

'டெர்ரான்' கோள்கள்	'ஆவிப் பெருங்கோள்'கள்
1. உருவத்தில் சிறியவை; ஆவிப் பெருங்கோள்களின் உப கோள்கள் சில, இவற்றைவிடப் பெரிதாக உள்ளன.	1. உருவத்தில் மிகப் பெரியவை (புளூட்டோ நீங்கலாக).
2. அழுத்தம் அல்லது அடர்த்தி (density) அதிகம்.	2. இலேசான ஆவியாலானவை; அழுத்தம், அடர்த்தி குறைவு.
3. மண்ணுலகத்திலுள்ள-அடர்த்தியான பொருள்கள், இரும்பு, சிலிகன் போன்றவையும், கனமான ஆவிகள், உயிர் வாயு (oxygen), வெடியம் (nitrogen), நீராவி (water vapour), கரியடை ஆக்ஸைட் (carbon-dioxide) முதலியன உள்ளன. நீரகம் அல்லது நீர்வாயு (hydrogen) குறைவு. இலேசான ஆவிகள் தப்பித்து வான வெளியில் போய்விடும்.	3. அழுத்தமான பொருள்களே உள்ளே இல்லையோ என்று ஐயப்படும் வகையில் வெறும் ஆவிப் பொருள்களால் அமைந்து இருக்கின்றன. நீரகம், ஹீலியம் அதிகம்.
4. ஈர்ப்புச்சக்திக் களங்கள் (Gravitational fields) வலிமையற்றவை.	4. ஈர்ப்புச் சக்திக் களங்கள் வலிமை பெற்றவை. புளூட்டோ மாத்திரம் மண்ணுலகத் தன்மைகள் சில பெற்றுள்ளது. இன்னும் புளூட்டோவைப் பற்றிய ஆராய்ச்சி நடந்து வருகிறது. இருப்பினும், இது இன்னும் ஒரு புதிர்க் கோளாகவே உள்ளது.

கதிரவன், கோள்கள்பற்றிய சில விவரங்கள்—பட்டியல் 14–I

பெயர்	மரபுக் குறியீடு	அரைவிட்டம்		கதிரவனிலிருந்து தூரம் : வானியல் அலகில்*	இயங்கு வழியின் குவிமையப் பிறழ்வு e	பொருத்தத் தளத்திற்கும் இயங்கு தளத்திற்கும் சாய்வு (பாகை°)	மொத்தப் பொருண்மை விகிதம் : கதிரவன் பொருண்மை 1	மொத்தப் பொருண்மை விகிதம் : மண்ணுலகப் பொருண்மை 1	தண்ணீர் 1—1 கன செ. மீ. பொருண்மை
		கி. மீ.	மைல்						
கதிரவன் (The Sun)	⊙	6,95,500	4,32,000						1·41
புதன் (Mercury)	☿	2,495	1,550	0·387	0·206	6·3	$\frac{1}{6,120,000}$	0·55	5·13
வெள்ளி (Venus)	♀	6,200	3,850	0·723	0·007	2·2	$\frac{1}{4,08,600}$	0·82	4·97
மண்ணுலகம் (Earth)	⊕	(நடுவரை) 6,378 (துருவவரை) 6,357	3,963 3,950	1·000	0·017	1·6	$\frac{1}{3,33,420}$	1·00	5·52
செவ்வாய் (Mars)	♂	3,400	2,100	1·523	0·093	1·7	$\frac{1}{3,110,000}$	0·11	3·94
வியாழன் (Jupiter)	♃	(நடுவரை) 71,350 (துருவவரை) 66,600	44,350 41,400	5·202	0·048	0·3	$\frac{1}{1,047}$	318·35	1·34
சனி (Saturn)	♄	(நடுவரை) 60,400 (துருவவரை) 54,050	37,550 33,600	9·538	0·056	0·9	$\frac{1}{3,499}$	95·33	0·69
உரேனஸ் (Uranus)	♅	24,850	15,450	19·190	0·047	1·0	$\frac{1}{22,870}$	14·58	1·36
நெப்டியூன் (Neptune)	♆	26,500	16,500	30·057	0·009	0·8	$\frac{1}{19,310}$	17·26	1·32
புளூட்டோ (Pluto)	♇	2,900	1,800	39·517	0·247	15·7	$\frac{1}{3,300,000}$	?	5·60

* வானியல் அலகு 1 = கதிரவன் – மண்ணுலக தூரம் = $149{\cdot}5 \times 10^6$ கி. மீ. = 93×10^6 மைல்.

கதிரவன், கோள்கள்பற்றிய சில விவரங்கள்—பட்டியல் 14–II

பெயர்	பேரச்சில் பாதி a (வானியல் தூர அலகு) (Semi-Major axis)	குவிமையப் பிறழ்வு e	மீன்வழிக் கால வட்டம். வெப்ப ஆண்டுகள் In tropical years	கதிரவனைச் சுற்றிச் சராசரி தினசரி இயக்கம்: விண்மீன் சார்பில் விகலைகள் (Seconds)"	உலகத்தையொட்டிய கால வட்டம்—நாள்கள் (Synodic period)	*ஆல்பீடோ (Albedo)
புதன்	0·387	0·206	0·240	14,732	115·88	5·5%
வெள்ளி	0·723	0·007	0·615	5,768	583·92	59%
மண்ணுலகம்	1·000	0·017	1·000	3,548	………	50%
செவ்வாய்	1·523	0·093	1·880	1,887	779·94	15%
வியாழன்	5·202	0·048	11·862	2·99	398·88	44%
சனி	9·538	0 056	29·457	120	378·09	42%
உரேனஸ்	19·190	0·047	84·013	42·24	369·06	45%
நெப்டியூன்	30·057	0·009	164·793	21·53	367·48	52%
புளூட்டோ	39·517	0·247 0·249 (?)	248·430	14·28	366·73	? தெரியாது.

* ஆல்பீடோ : கதிரவனிலிருந்து வரும் ஒளி ஒரு கோளின்மேல் பட்டு எதிரொளிக்கும்போது, தான் பெற்ற ஒளியில் எத்தனை விகிதம் எதிரொளிக்கிறதோ, அதுவே அக் கோளின் ஆல்பீடோ எனப்படும்.

உபகோள்களைப்பற்றிய சில விவரங்கள் (Satellites of the Planets)—பட்டியல் 14–III

கோள்	துணைக் கோள்களின் எண்ணிக்கை	பெயர்	கண்டு அறிவித்தவர்	கண்ட ஆண்டு	தாய்க்கோளினின்று உள்ள தூரம் (வானியல் அலகில்)	விட்டம் (மைல்)
செவ்வாய்	2	1. போபாஸ் (Phobos)	A. Hall	1877	0·000063	
		2. டெய்மாஸ் (Deimos)	A. Hall	1877	0·000157	
வியாழன்	12	1. இயோ (Io)	Galileo	1610	0·002819	2109
		2. உரோப்பா (Europa)	Galileo	1610	0·004486	1865
		3. கானிமீட் (Ganymede)	Galileo	1610	0·007156	3273
		4. சாலிஸ்டோ (Callisto)	Galileo	1610	0·012586	3142
		5 முதல் 12 வரை பெயரிடப்படவில்லை.				
சனி	9	1. மிமாஸ் (Mimas)	W. Herschel	1789	0·001240	370
		2. என்ஸிலாடஸ் (Enceladus)	W. Herschel	1789	0·001591	460
		3. டெதிஸ் (Tethys)	D. Cassini	1684	0·001969	750
		4. டையோன் (Dione)	D. Cassini	1684	0·002522	900
		5. ரீயா (Rhea)	D. Cassini	1672	0·003523	1150
		6. டைடன் (Titan)	C. Huygens	1655	0·008166	3550
		7. ஹைபீரியன் (Hyperion)	W. Bond	1848	0·009893	
		8. இயாபிடஸ் (Iapetus)	D. Cassini	1671	0·023748	
		9. போப் (b) (Phoebe)	W. Pickering	1898	0·086593	
உரேனஸ்	5	1. ஏரியல் (Ariel)	W. Lassell	1851	0·001282	300 (?)
		2. அம்பிரியல் (Umbriel)	W. Lassell	1851	0·001786	250 (?)
		3. டைடேனியா (Titania)	W. Herschel	1787	0·002930	600 (?)
		4. ஓபிரான் (Oberon)	W. Herschel	1787	0·003919	550 (?)
		5. மிராண்டா (Miranda)	G. Kuiper	1948	0·000825	100 (?)
நெப்டியூன்	2	1. டிரைடன் (Triton)	W. Lassell	1846	0·002363	
		2. நீரீயட் (d) (Nereid)	G. Kuiper	1949	0·037255	

14-3·1. புதன் (Mercury)

இது கதிரவன் குடும்பத்தில் கதிரவனுக்கு மிக அண்மையில் உள்ள கோள்* இதுதான் எல்லாக் கோள்களையும்விட மிக வேகமாகக் கதிரவனைச் சுற்றிவரும் கோள். எனவே, இதற்குத் 'தேவ தூதன்' (Messenger of the God) எனப் பெயர் அமைந்ததில் வியப்பில்லை.

புதனுடைய நீள்வட்டப் பாதையின் குவிமையப் பிறழ்வு 0·24 பட்டியல் II). புளூட்டோ விலக்காக, மற்றையக் கோள்களின் பிறழ்வு களைவிட, புதன் பிறழ்வு அதிகம். எனவே, இதன் அண்மை நிலையிலும் சேய்மை நிலையிலும் (i) கதிரவன் தோற்ற வேறுபாடும் (ii) வெப்ப வேறுபாடும் மிக அதிகமாக விருக்கும் (550°F முதல் 770°F வரை). இது கதிரவனுக்கு மிக அண்மையில் உள்ளதால், அதிகாலையிலோ மாலையிலோதான் சிறிது நேரம் காணமுடியும். அந்தி சந்தி மெல் லொளியில் சரியாகக்கூடத் தெரியாது போய்விடுகிறது. இதைச் சுற்றி வளிமண்டலம் ஏதும் இருப்பதாகத் தெரியவில்லை. இதற்கு உபகோள் ஏதுமில்லை. எனவே, இதன் பொருண்மையை அறிவது கடினமானது.

* இதுவரை கதிரவனுக்கு இன்னும் அண்மையில் வேறு கோள் இருப்பதாகத் தெரியவில்லை ; இருப்பினும் வியப்பில்லை. இயற்கை கொஞ்சம் கொஞ்சமாகத்தானே தனது இரகசியங்களை மனிதனுக்கு வெளிப்படுத்துகிறது. நெப்டியூனை இடங் குறித்த வேறியர், புதன் கோளைவிட அருகில் ஒரு கோள் இருக்கலாமென ஐயந் தெரிவித்தார். 1860ஆம் ஆண்டில் லேசர்பால்ட் (Dr. Lescerbault) அம்மாதிரி ஒரு கோள் கண்டதாகக் கூறி, வேறியரும் ஆமோதித்து, அக்கோளுக்கு வல்கன் (Vulcan) எனப் பெயரும் இட்டாயிற்று. கதிரவனிலிருந்து அதன் தூரம் $20{\cdot}8 \times 10^6$ கி. மீ. ($=13 \times 10^6$ மைல்) எனவும் கணிக்கப்பட்டு, அதன் விட்டம் 1600 கி. மீ. (=1000 மைல்) எனவும் துணிவு செய்யப்பட்டது. அதன் இயங்கு பாதையில், வல்கன் கதிரவனைக் கடக்கும் இடங்களும் தேதிகளும் குறிக்கப்பட்டன. ஆனால், அவ்வாறு குறிக்கப்பட்ட தேதிகளில் ஒரு கோளும் தோன்றவில்லை. அக் கோளும் கைவிடப்பட்டது. பின்னர் இந்த நிகழ்ச்சிக்கு ஐன்ஸ்டைன் கொடுத்த விளக்கம் இக்கோளைக் கதிரவன் குடும்பத்திலிருந்தே நீக்கிவிட்டது. ஒரு வேளை அது கதிரவன் கறையாக இருந்திருக்கலாம்.

ஆனால், 1968ஆம் ஆண்டில், ஓர் இத்தாலியப் பேராசிரியர் ரஃபேல் பெண்டாண்டி (Raffaele Bendandi) கதிரவனுக்கும் புதனுக்கும் இடையில் ஒரு கோளிருப்பதாக அறிவித்தார். அது தொலைநோக்கியில் காட்சிக்குச் சிக்கவில்லை யென்றும், ஆனால் அதன் இயக்கம் கதிரவன் குடும்பத்தில் உள்ள இயக்கத்தைப் பாதிப்பதன் அடிப்படையில் அக்கோள் இருப்பது உறுதிப்படுத்தப்படுகிறதென்றும் கூறுகிறார். இதை அவர் 1931-லேயே கண்டதாகவும், இக் கண்டுபிடிப்பை அப்போது இத்தாலிய விஞ்ஞானக் கழகத்திற்கும் (Italian Academy of Sciences), போப்பாண்டவருக்கும் (the Vatican) முத்திரையிட்ட உறைகளில் அனுப்பி விட்டதாகக் கூறுகிறார். அவருக்கு இப்போது வயது 78. இன்னும் வானியலறிஞர் உலகம் இதை ஒத்துக்கொண்டதாகத் தெரியவில்லை.

ஏறக்குறைய சந்திரனைப் போல ஒரு கரடுமுரடான தரைப் பகுதி பெற்றிருக்கலாமெனத் தெரிகிறது.

சந்திரனைப் பற்றி நாம் கண்டதுபோல, இது தன்னைத்தானே சுற்றிவரும் காலமும், கதிரவனைச் சுற்றிவரும் காலமும் சமமாயிருக்கிற படியால் ஒரு பாதிமட்டும் எப்போதும் நம் பக்கமும், மற்றப் பாதி கதிரவன் பக்கமும் உள்ளன. அதாவது—புதனில் 'ஒரு நாளும்', 'ஓர் ஆண்டும்' ஒன்றே. கதிரவன் பக்கம் உள்ள முகம் எப்போதும் வெப்பமாகவும் (550°F முதல் 770°F வரை வெப்பநிலை) ஒளி பெற்றும் உள்ளது; மற்றப் பக்கம் எப்போதும் குளிராகவும் இருட்டாகவும் உள்ளது. புதனுக்கும் சந்திரனைப் போல அசைவுகள் உண்டு.

14-3-2. வெள்ளி (Venus)

இக் கோள் உலகில் வாழ் மக்களுக்கு மிகப் பழக்கமானதொரு கோள். 'விடி வெள்ளி' என நடைமுறையில் பேசப்படும் கோளாகுமிது.

குவிமையப் பிறழ்வு மிகச் சிறியது=·007; எனவே, அதன் பேரச்சும் சிற்றச்சும் (Major and Minor axes) 1 : 0·986 என்ற விகிதத்தில் இருக்கும். எனவே, இதன் இயங்கு பாதை ஏறக்குறைய ஒரு வட்டம். மண்ணுலக வட்டமும் வெளியின் வட்டமும் ஏறக்குறைய சமமே. புதனைப்போல் வெள்ளியையும், நாம் விடியற் காலையிலும் பொழுது சாய்ந்தவுடனும் கொஞ்ச நேரம்தான் கிழக்கு வானிலோ மேற்கு வானிலோ காணமுடியும். நள்ளிரவில் நாம் எப்போதும் வெள்ளியைக் காணமுடியாது. ஆனாலும், புதனைவிட அதிக நேரமும், இன்னும் சற்று ஏற்றத்திலும் காணலாம். இது எல்லாக் கோள்களையும் விட மிகப் பிரகாசமாகக் காட்சியளிக்கும் பண்பு பெற்றது. அந்த மீப்பெரும் பளபளப்புள்ள நாள்களில் நாம் வெள்ளியைப் பகலில்கூடக் காண இயலும்.

இதன் பாதை ஏறக்குறைய ஒரு வட்டத்தில் அமைவதால், வேகம் ஏறக்குறைய ஒரே சீராகவிருக்கும். இதற்கு உபகோள்கள் ஒன்றுமில்லை யாதலின், இதன் பொருண்மையை இதன் அசைவுகள் கொண்டுதான் கணிக்க முடியும். இதன் அடர்த்தி ஏறக்குறைய மண்ணுலகத்தைப் போன்றதே. வெள்ளியும் மண்ணுலகமும் இரட்டைக் குழந்தைகள் எனக் கூறுவது பொருத்தமாகும்.

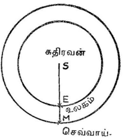
வெள்ளி ஒரு நல்ல வளிமண்டலம் பெற்றிருக்கிறது. தான் பெறும் கதிரவன் ஒளியில் பெரும் பகுதியை அது எதிரொளிக்கிறது. இதன் எதிரொளி விகிதம் (ஆல்பிடோ) மற்ற எல்லாக் கோள்களையும்விட அதிகமானது (பட்டியல் II—பக்கம் 37 காண்க). ஏறக்குறைய 60 சத

வீதம் எனக் கூறலாம். வெள்ளியைச் சுற்றி ஓர் அடர்த்தியான முகில் மண்டலம் இருப்பதால், வெள்ளியின் தரையைப்பற்றி நம்மால் அதிகம் தெரிந்து கொள்ள முடியவில்லை; ஒன்றுமே தெரியாதெனச் சொல்லலாம். அது மட்டுமன்று, இதன் விளைவாக வெள்ளி தன்னைத் தானே சுற்றிக்கொள்ளும் காலவட்டம் என்னவென இன்னும் திட்டவட்டமாகக் கணிக்க முடியவில்லை. 22 மணி நேரம் என்று கணக்கிடுவோரும், 225 நான்கள் எனக் கணிப்போரும் உண்டு.

சந்திரன், புதன் இரண்டையும் போல் வெள்ளியும், கதிரவனை ஒரு முழுச் சுற்றுச் சுற்றிவரும் காலத்தில் தன்னைத் தானே ஒரு சுற்று சுற்றிக்கொள்கிறது. ஆகவே, வெள்ளியின் 'ஒரு நாளும்' 'ஓர் ஆண்டும்' சமம்.'

14-3·3. செவ்வாய்

உலகத்திற்கு இது முதல் புறக்கோள். இதன் இயங்குவழி, மண்ணுலகப் பாதைக்கு அப்பாற்பட்டது. சந்திரனுக்கு அடுத்தபடியாக நாம் செவ்வாய் பற்றி அறிய ஆர்வம் காட்டி வருகிறோம். இதன் நீள் வட்டப் பாதையின் குவிமையப் பிறழ்வு சற்றுப் பெரிதாக இருப்பதால் (0·093) மண்ணுலகத்திற்கு நேர் எதிராக (opposition) இருக்கும் போது (படம் 14-3·3) செவ்வாய் நமக்கு மிக அருகில் வர வாய்ப்புகள் உண்டு. சாதகமான சூழ்நிலையில் நமக்கு 56×10^6 கி.மீ. ($= 35 \times 10^6$ மைல்) தூரத்தில் செவ்வாய் வரலாம் (படத்தில் *EM*.) இந்த வாய்ப்பு ஏற்படும் போதுதான் மனிதன் செவ்வாய்க்குச் செல்வதைத் திட்டமிடுவான்.



படம் 14-3·3

1877ஆம் ஆண்டில் ஏற்பட்ட இப்படிப்பட்ட நேரெதிர் நிலையில் தான் செவ்வாயின் இரு துணைக் கோள்களான போபாஸ் (Phobos - அச்சம்) டெய்மாஸ் (Deimos - திகில்) என்பவை கண்டுபிடிக்கப் பட்டன. போபாஸ் என்பது செவ்வாய்க் கண்மையில் இயங்கும் துணைக்கோள்; டெய்மாஸ் சேய்மையில் இயங்கும் துணைக்கோள். இக்கோளின் நேரெதிர் நிலையிலேதான் நாம் கதிரவனின் புவிமையத் தோற்றப் பிழையை நேரடியாக கணிக்கமுடியும்.

போபாஸ் தனது தாய்க் கோளைச் சுற்றிவரும் காலவட்டம் 7 மணி 39 நி.; டெய்மாஸ் சுற்றிவரும் காலவட்டம் 30 மணி 18 நி.

செவ்வாயின் வளி மண்டலம், ஒரு நல்ல தட்பவெப்ப நிலைக்குச் சாதகமாயிருக்கக்கூடும். வெள்ளியைச் சுற்றியிருக்கும் அழுத்தமான முகில் மண்டலம் அக் கோளை மறைப்பதுபோல் செவ்வாயைச் சுற்றியுள்ள முகில் மண்டலம் செவ்வாயை மறைக்கவில்லை. மண்ணுலகிற்கு உள்ளதுபோல, செவ்வாய்க்கு இரு துருவப் பகுதிகள் உள்ளன; அங்கு உறைபனி வெண்மையாக மூடியிருப்பது போலவும் தோற்றுகிறது. தற்போது உயிரினம் செவ்வாயில் வாழவில்லையென வானியல் அறிஞர் பலர் அறுதியிட்டுக் கூறியபோதிலும், அங்கு உயிரினம் வாழக்கூடிய சூழ்நிலை இருக்கலாம் எனச் சிலர் கருதுகின்றனர். இவ்வாறான ஒரு நிலை மற்றெந்தக் கோள்கள் மீதும் இல்லையெனவும் கருதப்படுகிறது. மிக ஆற்றலுடைய தொலைநோக்கி கொண்டு செவ்வாயைப் பார்த்தால், அது ஒரு சிறிய சிவப்பு-மஞ்சள் கலந்த நிறமுடைய பந்துபோலத் தோற்றுகிறது. செவ்வாயில் ஒரு 'துருவக் குல்லாய்' (Polar Cap) சாதாரணமாகக் காட்சியளிக்கிறது.

'புளூட்டோ' கோளை இடங்குறிக்க உதவிய கருத்துகளை அறிவித்த பெர்சிவல் லோவல் (Percival Lowell, 1855–1916) செவ்வாய் ஆராய்ச்சியில் பெரிதும் ஈடுபாடு காட்டினார். அவர் செவ்வாயில் நீரோடும் வாய்க்கால்கள் பல உள்ளன வென்றும், அங்குப் பயிர்த்தொழில் செய்யும் ஒரு புதிய நாகரிகத்தையுடைய மக்கள் வாழலாமென்றும் கருத்தறிவித்தார். 'செவ்வாயும் அதன் வாய்க்கால்களும்' (Mars and its Canals) என்ற நூலும் 'செவ்வாய், உயிரினம் வாழிடம்' (Mars as the abode of life) எனவும் இரு நூல்கள் எழுதியுள்ளார். அவருடைய கருத்துகளுக்குக் கடும் எதிர்ப்பு இருந்த போதும், செவ்வாயைப்பற்றிய ஆராய்ச்சியில் பெரிய நிபுணர் என்ற பெருமை அவருக்குண்டு.

1965ஆம் ஆண்டில் அமெரிக்கா ஏவிய விண்வெளிக் கப்பல் மாரினர் IV (Mariner IV) செவ்வாய்க்கு மிக அண்மையில் சென்று (10,000 கி.மீ. தூரம்) நேரடியாகச் செவ்வாயைப் படங்கள் பிடித்து வந்ததுதான் இப்போது நமக்குச் செவ்வாயைப்பற்றிய புதுத் தகவல்கள் கொடுத்திருக்கின்றன. அக் கப்பல் செவ்வாய்க்குப் பின்புறம் சென்றிருந்தபோது அனுப்பிய ரேடியோச் செய்திகள்—கதிரியக்கக் குறிப்புகள் (radio signals) செவ்வாயின் வளி மண்டலத்தின் மிகமிக ஆழமான பகுதிகள் வழியாக வரும்போது, வானொலி அலைகள் மங்கின (radio waves faded). இதுகொண்டு, செவ்வாயின் வளி மண்டல அழுத்தம், பூமியின் அழுத்தத்தில் 1 சதவீதம்தானிருக்க முடியுமென நிபுணர்கள் வகுத்துக் கூறினர். அவ்வளவு இலேசான வளி மண்டலத்தில் உலகில்

வாழ் உயிரினங்கள் வாழ்வதற்குரிய சூழ்நிலை இருக்க முடியாது என்ற முடிவுக்கு வந்தனர். அவ்வளவு இலேசான வளி மண்டலத்தில் முழுக்க முழுக்க உயிர் வாயு இருப்பினும், உலக உயிர்கள் அங்கு வாழமுடியாது. மேலும், உயிர்வாயு செவ்வாயின் மேலில்லை ; இருப்பினும், அது உலக உயிர்கள் வாழக் காணது.

மாரினர் IV மேலும் கண்டவை : செவ்வாயின் தரையில் சந்திரன் தரையிலுள்ளதுபோல் பல பள்ளம் படுகுழிகள் உள்ளன ; 5 கி.மீ. முதல் 120 கி.மீ. வரை விட்டமுள்ள குழிகள் உள்ளன. இது கொண்டு வானியல் அறிஞர்கள், செவ்வாயில் ஏறக்குறைய 10,000 சிறிய, பெரிய குழிகளும் பள்ளங்களும் இருக்கலாமென ஊகிக்கின்றனர்.

செவ்வாய் பற்றி மனிதன் வெகு காலமாகத் தனது ஆழ்ந்த கவனத்தைச் செலுத்தி வந்திருக்கிறான். அங்குப் பல கோடிக் கணக்கான ஆண்டுகளுக்கு முன் ஒரு செவ்விய நாகரிகம் இருந்திருக்கலாம் எனவும், எத்தனையோ நாகரிகங்கள் தோன்றி வளர்ந்து உச்ச நிலை பெற்று, பின்னர் தாழ்ந்து அழிந்து போனதைப்போல, அந்நாகரிகமும் செவ்வாயில் மண்ணோடு மண்ணாய் மறைந்திருக்கலாமெனவும் ஒரு சிலர் நம்புகின்றனர். செவ்வாயைப் பற்றிய ஆராய்ச்சி, அதில் ஈடுபடு வோருக்கு ஒரு பெரிய தங்கச் சுரங்கம். ரஷிய வானியல் அறிஞர் ஷ்கலாஸ்கி (Shklovsky) இந்தச் சாதியில் ஒரு பேரறிஞராவார்.

14-3·4. வியாழன்

எல்லாவற்றினும் இது பெரிய கோள். மிக ருசிகரமான செய்திகளையும் வரலாறுகளையும் தன்னகத்தே கொண்டுளது.

மற்ற எல்லாக் கோள்கள் எடையும் சேர்த்துக் கூட்டிய எடையை விட, இக் கோளின் எடை அதிகம். இதன் அரைவிட்டம் பூமியின் விட்டத்தைப்போல 11 மடங்கு ; பருமம் பூமியின் விட்டத்தைப் போல 1321 மடங்கு. இது பொள்ளலாக (hollow) இருந்தால், எல்லாக் கோள்களையும் இதனுள்ளே போட்டு நிரப்பினால் மேலும் காலி இட மிருக்கும். இது தன்னைத்தானே சுற்றி வரும் காலவட்டம் 9 மணி 55 நிமிடம். ஆகவே, இதன் நடுவரையிலே உள்ள ஒரு புள்ளி வினடிக்கு ஏறக்குறைய 112 கி.மீ. (70 மைல்) வேகத்தில் சுழல்கிறது. (உலகச் சுழற்சி வினடிக்கு ஏறக்குறைய 0·49 கி.மீ.)

இதற்குப் பன்னிரண்டு துணைக் கோள்கள் உள்ளன. அவை பற்றிய விவரங்கள் பட்டியல் 14–III (பக்கம் 38-ல்) காண்க. இவற்றில் நான்கினை சாதாரணத் தொலைநோக்கி கொண்டே காணலாம். முதல் முதலாக, உலகம் போற்றும் வானியல் தந்தை கலிலியோ (Galileo) தாமே

செய்ததொரு தொலைநோக்கி கொண்டு 1610ஆம் ஆண்டில் இந் நான்கு துணைக் கோள்களைக் கண்டு அறிவித்தார். (அத் தொலைநோக்கி அவர் செய்த ஐந்தாவது தொலைநோக்கியாகும்.) பெயரிடப்படாத ஐந்தாவது துணைக்கோள் விநாடிக்கு 27 கி.மீ. (16·7 மைல்) வேகத்தில் செல்கிறது. கதிரவன் குடும்பத்தில் இதுதான் மிக வேகமாகச் சுற்றும் துணைக் கோளாகும். முதல் ஐந்து துணைக் கோள்கள் ஏறக்குறைய வட்டப் பாதையில் இயங்குகின்றன. மற்றவை இயங்கு வழி நீள் வட்டங் களாகும்; அவற்றின் குவிமையப் பிறழ்வுகளும் அதிகம் (0·16, 0·20, 0·38, 0·25, 0·14, 0·21......). இதில் 8ஆவது, 11ஆவது துணைக் கோள்கள் நியதிக்கு மாறாக (வலஞ்சுழியாக), கிழக்கிலிருந்து மேற்காகச் சுழல்கின்றன; இது வானியக்கத்தில் ஒரு முரண்பாடெனக் காண்க.

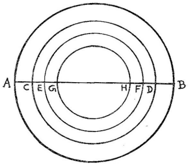
வியாழனின் வளி மண்டலத்தில் நீர்வாயுவும் ஹீலியமும் மிகுதியென ஸ்பெக்ட்ராஸ்கோப் சோதனைகளும் மற்றச் சோதனைகளும் ஒருங்கே கூறுகின்றன. வியாழனில் உள்ள ஒரு முக்கியப் பகுதி 'பெரிய சிவப்புக் கறை' (The Great Red Spot). 1878ஆம் ஆண்டில்தான் இது முதலில் மனிதன் காட்சிக்கெட்டியது. அப்போது அது நீள்வட்ட வடிவத்தில் 48,000 கி.மீ. (30,000 மைல்) நீளமும், 24,000 கி.மீ. (15,000 மைல்) உயரமும் இருந்ததாகக் கூறப்படுகிறது. நிறம் செம் மஞ்சள். இது முதலில் நிலைத்திருந்து, வியாழனோடு கூடவே சுற்றி வந்ததாகவும், பின்னர் நிறமாற்றம் பெற்று, சற்றுப் பின்தங்கிச் சுற்றுவதாகவும் காணப்பட்டதெனக் கூறுகின்றனர். இப் பின்தங்கல், காலம் செல்லச் செல்ல மிகுதியாகிறதெனவும் கூறுகின்றனர். ஆனால், இது இன்னும் ஒரு பெரும் புதிராகவேதான் இருக்கிறது.

ரேடியோ வானியல் வழியாக வியாழனைப் பற்றிய ஆராய்ச்சிகள் வேறுபல உண்மைகளைத் தெரிவிக்கின்றன. இது தனிச் சிறப்புப் பகுதியாகும்.

14·3·5. சனி: கதிரவன் குடும்ப அணிகலன் (The Jewel of the Solar System)

இது ஓர் எழில் வாய்ந்த கோள். வெறும் கண் கொண்டு காண் போருக்கு இவ்வெழில் தெரியவராது. ஆனால், தொலைநோக்கி கொண்டு காணின், இதன் தனிச் சிறப்புத் தெரியும். இதைச் சுற்றித் தங்கமயமான ஒளி வட்டங்கள் காணப்பெறும். முதலில் இவ்வொளி வளையங்கள் வான் காட்சியாளனை வியப்பில் ஆழ்த்தியதிலிருந்து, இன்று வரை எப்போதுமே இவ்வொளி வளையங்களை மனிதன், தொலை நோக்கிகள் கொண்டு சோதனை செய்துகொண்டேயிருக்கிறான். எங் கிருந்து இவ்வொளி வளையங்கள் வருகின்றன என்று இன்னும் அவனால் திட்டமாகக் கூறமுடியவில்லை.

தொலைநோக்கி வழியாகப் பார்த்தால் மூன்று அழகிய ஒரு மைய வட்டங்களாக (concentric circles) அத் தங்க வளையங்கள் நமக்குக் காட்சியளிக்கின்றன; யாவும் சனியின் நடுவரைத் தளத்திலேயே அமைந்திருக்கின்றன வெனத் தெரிகிறது. இவை (1) புறவளையம், (2) பளபளப்பான வளையம், (3) கரு வளையம் (outer, bright, crepe rings). சாய்வாக நோக்கின் நீள்வட்டம் போலத் தோன்றும். இம் மூன்று வளையங்களின் அகலங்கள் பின்வருமாறு: படம் 14–3·5 பார்க்க.



படம் 14–3·5

EG கரு வளையம் : அகலம் : 18,400 கி.மீ. [11,500 மைல் (EG)]
CE பளபளப்பு வளையம் : அகலம் : 25,600 கி.மீ. [16,000 மைல் (CE)]
AC புற வளையம் : அகலம் : 16,000 கி.மீ. [10,000 மைல் (AC)]

இவ் வளைய அமைப்பின் விட்டம் $AB = 2,73,600$ கி.மீ. (1,71,000 மைல்). இந்த அளவுகள் திட்டமானவையல்ல; வேறுவேறு வானியல் அறிஞர்கள் தாங்கள் கண்ட வேறுவேறு அளவுகளைக் கொடுக்கின்றனர். இவ் வளையங்கள் அகலமாக உள்ளனவேயொழிய இவற்றிற்கு அதிக உயரம் அல்லது மொத்தம் (thickness) இல்லை. உயரம் 16 கி.மீ. முதல் 100 கி.மீ. வரை எதுவேனும் இருக்கலாமென்று மட்டுமே நம்மால் கூறமுடியும். உயரம் குறைவாக இருப்பதால் இவ் வளையங்களைக் காண்பதற்குச் சாதகமான சூழ்நிலை தேவை.

இவ்வளையங்களும் தொடர்ச்சி பெற்றவையல்ல. பட்டை பட்டைகளாகப் (bands) பிரிந்திருக்கின்றன. மேலும், இவ் வளையங்கள் கோளோடு ஒட்டிக் கொண்டிருப்பதாகவும் தெரியவில்லை. ஏனெனில், வளையங்களின் உட்பகுதிகள் வேகமாகவும், வெளிப்பகுதிகள் சிறிது குறைந்த வேகத்திலும் தாய்க்கோளைச்சுற்றிவருகின்றன எனத் தெரிகிறது. இக்கோள் உருவானபோது, இதைச் சுற்றி வரும் வகையில் உருவாகிய ஒரு துணைக்கோள், தாய்க்கோளுக்கு அண்மையில் வந்து, தாய்க்கோளின் ஈர்ப்பு வலிமையால் சிதறுண்டு போயிருக்கலாமென ஒரு கொள்கையுண்டு. ரோஷ் (Roche) வகுத்த இக்கொள்கைப்படி, இந்த வளையங்கள் ஏற்பட்டிருக்கலாம். இதற்குரிய சான்றுகள் இருப்பினும், இக்கொள்கை இன்னும் முழுவதும் ஏற்றுக்கொள்ளப்படவில்லை.

சனிக் கோளுக்கு ஒன்பது துணைக்கோள்கள் இருக்கின்றன. பத்தாவது துணைக்கோள் ஒன்று 1905-ஆம் ஆண்டில் அறிஞர் பிக்கரிங் (Pickering) என்பவரால் அறிவிக்கப்பட்டது. தேமிஸ் (Thamis) என அதற்குப் பெயர் சூட்டப்பட்டது. அது தாய்க்கோளைச் சுற்றிவரும் காலவட்டம் 20 நாள் 20·4 மணி. ஆனால், இது ஒரு சிறிய மங்கலான துணைக்கோள். இன்னும் இது சனியின் துணைக்கோள் குடும்பத்தில் சேர்த்துக்கொள்ளப்படவில்லை. ரேடியோ வானியலார்க்கு, சனி ஒரு பெரிய தவிர்க்க முடியாத புதிர்.

14-3·6. உரேனஸ்

ஹெர்ஷல் (Herschel) என்பவரால் இவ் வான் பொருள் 1781-ஆம் ஆண்டு மார்ச்சு மாதம் 13-ஆம் தேதி இடங்குறிக்கப்பட்டது. முதலில் இது ஒரு வால் விண்மீன் எனக் கருதப்பட்டது. ஐந்து மாதங்களுக்குப் பின்பு லாப்ளாஸ் (Laplace) கணித்த முறைப்படி அது ஒரு கோளென உறுதிப்படுத்தப்பட்டது. ஹெர்ஷல் இவ் வான் பொருளைப் பார்த்ததற்கு முன்னரேயே, இருபது தடவைக்குமேல் இப் பொருள் வானியல் ஆராய்ச்சியாளர்கள் கண்ணுக்குத் தென்பட்டிருக்கிறது. அப்போதெல்லாம் அது ஒரு வால் விண்மீன் என விடுக்கப்பட்டது. மற்ற விவரங்கள் பட்டியல் 14–I, II, III (பக்கம் 36, 37, 38) காண்க.

இதன் தட்பநிலை—185°C எனக் கணிக்கப்பட்டிருக்கிறது. —212°C-க்குக் குறைபடாமலிருக்கலாம்.

இதற்கு ஐந்து துணைக்கோள்கள் உண்டு. [பட்டியல் 14–III (பக்கம் 38-ல்) காண்க.] இவற்றில் முதல் நான்கு துணைக்கோள்களின் இயங்கு பாதைகள் ஏறக்குறைய வட்டவடிவமுடையவை. தாய்க்கோள் சுற்றும் தளத்திற்கு 82° சாய்வுள்ள தளத்தில் அவை தாய்க்கோளைச் சுற்றுகின்றன. இவை வலஞ்சுழியாக, அதாவது கிழக்கிலிருந்து மேற்காகச் சுற்றுகின்றன.

14-3·7. நெப்டியூன்

உரேனஸ் என்று முன் கூறப்பட்ட கோளின் இயங்கு வழியில் ஏற்பட்ட சிக்கல்களைத் தவிர்ப்பதற்காகச் செய்த ஆராய்ச்சிகளின் பயனாகத்தான் நெப்டியூன் இடங்குறிக்கப்பட்டு, கதிரவன் குடும்பத்தில் சேர்க்கப்பட்டது. புகைப்படங்களில் இது ஒரு மங்கலான பச்சைப் புள்ளியாகவே காட்சியளிக்கிறது. வேறொன்றும் இதைப்பற்றி அறிய முடியவில்லை.

உரேனஸும் நெப்டியூனும் கதிரவன் குடும்பத்தில் உள்ள செவிட்டு ஊமைகளென (deaf-mutes) ஒருவர் வேடிக்கையாகக் கூறுகிறார். ஆனால், இவை மிகப் பெரிய ஆவிக்கோளக் கோள்கள் (gas-giants). இவையிரண்டும் கதிரவனிலிருந்து மிக அதிகமான தூரத்திலிருப்பதால், அவைகளைப்பற்றித் தனிச் சிறப்புகள் இன்னும் காணமுடியவில்லை.

நெப்டியூனுக்கு இரண்டு துணைக்கோள்கள் உண்டு. தாய்க்கோள் இடங்குறித்த (1846) ஒரு மாதத்திலேயே முதல் துணைக்கோள் (Triton) கண்டுபிடிக்கப்பட்டது. இரண்டாவது துணைக்கோள் 1949-ஆம் ஆண்டிலேதான் இடங்குறிக்கப்பட்டது. இது மிகவும் மங்கலானது; பெயர் நெரெய்ட் (Nereid). [கிரேக்க புராணங்களில் (Legends) டிரைடன்களும் நெரெய்ட்களும், நெப்டியூன் என்ற கடற் கடவுளுக்குத் தாதிப் பெண்கள் எனப்படுவர்.] இரண்டாவது துணைக் கோள் தாய்க்கோளினின்று $35^0 \times 149{\cdot}5 \times 10^6$ கி. மீட்டர்கள் தூரத்தில் உள்ளது. இத் தூரத்தைக் கற்பனை செய்து பார்க்க.

14-3·8. புளூட்டோ

உரேனஸ், நெப்டியூன் என்ற கோள்கள் கணிக்கப்பட்ட பாதையி னின்றும் சிறிது சிறிது பிறழ்ந்து பிறழ்ந்து, வானியல் ஆராய்ச்சியாளர் களைத் திகைக்கவைத்தபடியால், நெப்டியூனுக்கு அப்பாலும் ஏதாவது ஒரு பெருங்கோள் இந்தப் பிறட்சிகளுக்குக் காரணமாயிருக்கலாமென ஐயப்பட்டு, அக்கோளைத் தேடும் படலம் ஆரம்பமாயிற்று. பெர்சிவால் லோவலும் பிக்கரிங்கும் இதுபற்றிய ஆராய்ச்சிகள் செய்யத் தொடங் கினர். 1915-ஆம் ஆண்டு, பெர்சிவால் லோவல் (Percival Lowell) வெளியிட்ட ஒரு நூலில் (Memoirs on a Trans-Neptunian planet) நெப்டியூனுக்கப்பால் ஒரு கதிரவன் குடும்பக்கோள் இருக்க வேண்டுமெனத் திட்டவட்டமாகக் கூறினர். 1916-ல் அவர் மறைவுக்குப் பின்பு, அவர் மாணவர் ஸ்லைபர் (Slipher) தொடர்ந்து அக் கோளை இடங்குறிக்க முயற்சி செய்துவந்தார். கடைசியாக அக் கோள் அரிசோனு வானியல் ஆராய்ச்சிக்கூடத்தில் ஜனவரி 1930-ல் மிதுன மண்டலத்தில் (Constellation Gemini) டாம்பாக் (Tombaugh) என்ற காட்சியாளர் பார்வைக்குச் சிக்கியது. 1930, மார்ச்சு

13ஆம் தேதி ஸ்லைபர் அக் கோள் இருப்பதை உறுதி செய்து உலகிற்கு அறிவித்தார்.

அக் கோள் ஒரு சிறிது ஏமாற்றத்தையே உண்டுபண்ணியது. லோவல் ஊகித்தது ஒரு மிகப் பெரிய ஆவிக்கட்டுக் கோள்—உரேனஸ், நெப்டியூன் அளவில். ஆனால், இக்கோள் அளவில் சிறியது; 6400 கி.மீ. விட்டமுடையது; செவ்வாயைவிட அளவிலும் எடையிலும் சிறியது. வெகுதூரத்திலிருப்பதால், கதிரவனைச் சுற்றிவரும் காலவட்டம் 248 ஆண்டுகள். Percival Lowell என்ற பெயரிலுள்ள P, L என்ற முதல் எழுத்துகளைக்கொண்டும், அதை நேரடியாகத் தொலைநோக்கியில் பிடித்த Tombaugh என்பவரின் பெயரில் உள்ள T, O என்ற எழுத்துகளைக் கொண்டும் PLUTO எனப் பெயரிடப்பட்டது.

இக் கோளைப்பற்றி நமக்கு அதிகமாகத் தெரியாது. தெரிந்த விவரங்களுக்குப் பட்டியல் 14-I, II, III (பக்கம் 36, 37, 38-ல்) காண்க.

14-3·9. புளூட்டோவுக்கு அப்பால்: சில வைதிகமான வானியல் அறிஞர்கள், புளூட்டோவை கோவினத்தினின்றே ஒதுக்கி வைத்துவிட்டு, வியாழன், சனி, உரேனஸ், நெப்டியூன் போன்ற ஒரு மிகப் பெரிய கோளை, புளூட்டோவுக்கு அப்பால் இன்னும் தேடிக் கொண்டிருக்கின்றனர். போட்-டியஸ் விதியின் உண்மை உரேனஸ் தூரத்தோடு முடிந்துவிடுகிறது. அதற்கப்பால் உள்ள நெப்டியூனும் புளூட்டோவும் விதிக்கு முரண்படுகின்றன.

வானியல் அலகில்

கோள்	போட் விதிப்படி தூரம்	சரியான தூரம்
நெப்டியூன்	38·8	30·07
புளூட்டோ	77·2	35·50
பத்தாவது கோள் (இருப்பின்)	154·0	??

எனவே, தென்படாத பெரிய கோள் ஒன்று இருக்குமானால், அது 77·2 வானியல் அலகு தூரத்தில் இருக்கலாம். ஆனால், போட்-டியஸ் விதிக்கு ஓர் அடிப்படை வானியல் காரணமோ கணிதக் காரணமோ இல்லை. ஏதோ ஒரு பொருத்தம்தானேயொழிய அது திட்டமான கணித ரீதியான விதியாகாது. ஒன்று மட்டும் தெரிகிறது; அதாவது கோள்களின் தூரங்கள் ஏறக்குறைய ஒரு பெருக்குத் தொடரில் உள்ளன என்பதுதான்.

15. கோள்களின் இயக்கங்கள்—சார்ந்த வானியல் தொடர்புகள்

(The Motion of the Planets—Related Astronomical Facts)

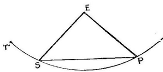
15-0. சென்ற பகுதி 14-ல் கோள்களைப்பற்றிப் பொதுவான செய்திகளைப் பார்த்தோம். அவை யாவும் கதிரவனைச் சுற்றிக் கெப்ளர் விதிகள்படி, தம்தம் காலவட்டத்தில் இயங்கி வருகின்றன. அப்படி இயங்கி வரும்போது, மண்ணுலகில் உள்ள நமக்கு, அவ்வியக்கங்கள் எவ்வாறு அமைந்துள்ளனவெனப் பார்ப்போம்.

கெப்ளரின் முதல் விதிப்படி, கோள்களின் விண்வெளிப் பாதைகள் நீள்வட்டங்களெனினும், பெரும்பாலான கோள்கள் இயங்கும் நீள் வட்டப் பாதைகளின் குவிமையப் பிறழ்வு மிகச் சிறியதாயிருப்பதால், ஏறக்குறைய அப் பாதைகள் கதிரவன் மையங்கொண்ட ஒரு மைய (concentric) வட்டங்களெனக் கொள்ளலாம். அப்படிக் கொண்டால், அவை கதிரவனைச் சுற்றித் தத்தம் காலவட்டங்களில் சீரான கோண வேகத்துடனும், நெட்டு வேகத்துடனும் செல்லுகின்றன எனக் கொள்ள இடமிருக்கிறது. மேலும் அப் பாதைகள் மண்ணுலகம் கதிரவனைச் சுற்றிவரும் பாதைக்குச் சிறிதளவு மட்டுமே சாய்ந்திருப்பதால் (புளூட்டோ நீங்கலாக) எல்லாக் கோள்களின் பாதைகளும் ஒரே தளத்தில் அமைந்துள்ளன எனக்கொண்டு மேலே செல்வோம்.

பின்னதாகக் கூறப்பட்ட அடிப்படையில் கதிரவனின் (தோற்றப்) பாதைத் தளத்திலேயே, கோள்களின் தோற்றப் பாதையும் அமையும். எனவே, மண்ணுலகத்திலுள்ள காட்சியாளனுக்கு, அவனது வானக் கோளத்தின்மேல் (விண்மீன்கள் பின்னணியில்) கதிரவன் பாதையும், கோள்களின் பாதைகளும் ஒன்றேயாம். (முன்னர் வானக் கோளத்தின் மேல் சந்திரன் பாதை, ஏறக்குறைய கதிரவன் பாதையோடு ஒருங்கியிருக்கிறது எனக்கொண்டது கவனமிருக்கலாம்.)

15-1. கோள்களின் நீட்சி (Elongation of planets): 'சந்திரன்' என்ற பகுதியில் சந்திர மையத்தினின்று 'கதிரவன்—மண்ணுலக நீட்சி' என்னவென்றும், மண்ணுலக மையத்தினின்று 'கதிரவன்—சந்திரன் நீட்சி' என்னவென்றும் கூறினோம்.

பொதுவாக S, E, P முறையே கதிரவன், மண்ணுலகம், கோளைக் குறிக்குமானால், படம் 15-1-ன் படி $\angle SEP$ என்பது மண்ணுலகத்தி



படம் 15-1

லிருந்து கதிரவன்—கோள் நீட்சி (the elongation of the planet from the sun as seen from the earth) எனப்படும். அவ்வாறே, $\angle ESP$ என்பது கதிரவனிலிருந்து மண்ணுலகக் கோள் நீட்சியெனவும், $\angle SPE$ என்பது கோளிலிருந்து கதிரவன்—மண்ணுலக நீட்சியெனவும் வரையறுக்கலாம். P என்ற கோளும் கதிரவன் பாதையிலேயே செல்கிறதென்ற அடிப்படையில்,

மண்ணுலகிலிருந்து கதிரவன் கோள் நீட்சி $= \angle SEP$

$=$ வில் SP

(கதிரவன் பாதையில் வில்)

r மேட முதற் புள்ளியைக் குறிக்குமானால், $rS =$ கதிரவன் வான நெட்டாங்கு, $rP =$ கோளின் வான நெட்டாங்கு. எனவே,

நீட்சி $=$ வில் SP

$= rP - rS$

$=$ கோளின் வான நெட்டாங்கு

$-$ கதிரவன் வான நெட்டாங்கு.

கதிரவனுக்குக் கிழக்கே கோள் இருக்குமாயின் கிழக்கு நீட்சி எனவும், மேற்கே இருக்குமாயின் மேற்கு நீட்சி எனவும் கொள்வது மரபு.

15–2. ‘சந்திரன்’ பகுதியில் வரையறுத்தவாறு, கதிரவன்—கோள் நீட்சி பூச்சியமாயின், கோள் இணை நிலையிலிருக்கிறதெனவும், நீட்சி 180° ஆயின், கோள் நேரெதிர் நிலையில் இருக்கிறதெனவும் கூறப்படும். எனவே, கதிரவன் நெட்டாங்கும் கோள் நெட்டாங்கும் சமமாயின் இணைநிலை யெனவும், அவை 180° வேறுபாடு பெறின் நேரெதிர் நிலையெனவும் கூறலாம். ‘சந்திரன்’ பகுதியில் நிறுவிய படியே, கோளின் பிறையளவு $\frac{1}{2}(1+\cos EPS)$ என நிறுவலாம்.

$EPS = 0°$ ஆனால், பிறையளவு 1 (முழுமை)

$EPS = 180°$ ஆனால், பிறையளவு 0 (இன்மை)

15–3. கோள்களின் கோண, நெட்டு வேகங்கள்

ஏதாமொரு கோளை எடுத்துக்கொண்டால், அதற்கு ஒரு சீரான கோண வேகமுண்டு; அக் கோண வேகத்தையொட்டி அதன் வட்டப் பாதையில் ஒரு நெட்டு வேகமும் உண்டு. (இயங்கு பாதைகள் வட்டங்கள்.)

a_1 ஆரமுடைய வட்டப் பாதையில் கதிரவனைச் சுற்றிவரும் ஒரு கோளின் காலவட்டம் T_1 எனக் கொண்டால், அதன் சீரான கோண வேகம் $w_1 = \frac{2\pi}{T_1}$ ஆரையன்; எனவே, அதன் சீரான நெட்டு வேகம்

$$v_1 = a_1 \times \frac{2\pi}{T_1}$$

அவ்வாறே a_2 ஆரமுடைய வட்டப் பாதையில் கதிரவனைச் சுற்றிவரும் மற்றொரு கோளின் காலவட்டம் T_2 எனக் கொண்டால் அதன் சீரான கோண வேகம் $w_2 = \frac{2\pi}{T_2}$ ஆரையன்; அதன் சீரான நெட்டு வேகம்

$$v_2 = a_2 = \frac{2\pi}{T_2}$$

கெப்ளரின் மூன்றாம் விதிப்படி $\frac{T_1^2}{T_2^2} = \frac{a_1^3}{a_2^3}$

எனவே, $a_2 > a_1$ எனக் கொண்டால், $T_2 > T_1$ எனத் தெரிகிறது.

$$\therefore \frac{w_1}{w_2} = \frac{T_2}{T_1}$$

$$= \frac{(a_2)^{3/2}}{(a_1)^{3/2}}$$

$$> 1 \; (\because a_2 > a_1)$$

$$\therefore w_1 > w_2 \qquad (1)$$

மேலும், $$\frac{v_1}{v_2} = \frac{a_1.2\pi}{T_1} \times \frac{T_2}{a_2.2\pi}$$

$$= \frac{a_1}{a_2}.\frac{T_2}{T_1}$$

$$= \frac{a_1}{a_2}\left(\frac{a_2}{a_1}\right)^{3/2}$$

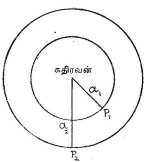
$$= \frac{\sqrt{a_2}}{\sqrt{a_1}}$$

$$> 1$$

$$\therefore v_1 > v_2 \qquad (2)$$

(1), (2) என்ற முடிவுகளிலிருந்து நாம் அறிவது யாதெனின்,

'கதிரவனுக்கு அண்மையிலுள்ள கோளின் கோண வேகமும் நெட்டு வேகமும், சேய்மையிலுள்ள கோளின் கோண வேகம், நெட்டு வேகத்தைவிட அதிகமானது' எடுத்துக்காட்டாக, புதனின் கோண, நெட்டு வேகங்கள், செவ்வாயின் கோண, நெட்டு வேகங்களைவிட



படம் 15–3 கதிரவன்

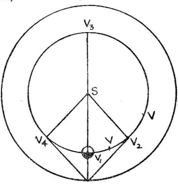
அதிகம். (புதனைவிட அண்மையில் ஒரு கோள் இருக்குமானால் அதன் கோண, நெட்டு வேகங்கள், புதனின் கோண, நெட்டு வேகங்களைவிட அதிகமாக இருக்கும்.)

படம் 15-3-ன்படி P_1 என்ற கோளின் கோண, நெட்டு வேகங்கள், P_2 என்ற கோளின் கோண, நெட்டு வேகங்களைவிட மிகுதியானது.

உட்கோள்கள், புறக்கோள்கள் என இருவகையாகக் கோள்கள் பிரிக்கப்பட்டிருக்கின்றனவென நாம் அறிவோம்.

முதலில் உட்கோள் ஒன்றின் இயக்கப் பாதையில் உண்டாகும் விளைவுகள் நமக்கு எப்படித் தோற்றமளிக்கின்றனவெனப் பார்ப்போம்.

15–4·1. உட்கோளின் நீட்சி, பிறைகளின் மாறுதல்கள் (The change in the elongation and phase of an inferior planet)



படம் 15–4·1

கதிரவன் Sஐ மையங்கொண்ட, ஒரு மைய வட்டங்கள் இரண்டு படம் 15–4·1-ல் காண்க. S என்பது கதிரவன் நிலை. உள்வட்டம் ஓர் உட்கோளின் வட்டப்பாதை. அதை நாம் வெள்ளியின் பாதையெனக் கொள்வோம். (அதனால் பொதுத்தன்மை மாருது.) வெளிவட்டம் மண்ணுலகின் பாதை. வெள்ளி தனது பாதையில் இயங்கிவரும்போது ஒரு சமயத்தில் கதிரவனுக்கும் மண்ணுலகிற்கும் நேர் இடையில் வந்தமையும். அப்போதைய வெள்ளியின் நிலையை V_1 எனக்கொள்வோம். இப்போது கதிரவன் S, வெள்ளி V_1, மண்ணுலகம் E மூன்றும் ஒரே நேர்கோட்டில் அமைந்துள்ளன. இது வெள்ளியின் இணைநிலை;

அப்போது நீட்சி SEV_1 பூச்சியமாகும். w_1, w_2 என்பவை முறையே வெள்ளி, மண்ணுலகம் இரண்டின் கோண வேகங்களெனக் கொண்டால் மண்ணுலகைவிட வெள்ளி கதிரவனுக்கு அண்மையில் இருப்பதன் விளைவாக வெள்ளியின் கோண வேகம் மண்ணுலகத்தின் கோண வேகத்தைவிட அதிகமாகும். எனவே, மண்ணுலகையொட்டி வெள்ளியின் சார்புக் கோண வேகம் $w_1 - w_2$. SEஐ ஒரு நிலைத்த கோடெனக் கொண்டால், SV_1-ன் சார்புக் கோண வேகம் $w_1 - w_2$ கோள்கள் இடஞ்சுழியாகச் சுற்றுவதால் SEஐ ஒட்டி, SV_1 என்ற திசைக்கோடு $w_1 - w_2$ என்ற சார்புக் கோண வேகத்தில் இடஞ்சுழியாகச் சுற்றுவது போலத் தோன்றும்.

V_1 என்ற நிலையில் வெள்ளியிருக்கும்பொழுது கதிரவனொளி படாத பாதிக் கோளம் மண்ணுலகின் பக்கம் திரும்பியுள்ளது. எனவே, அச்சமயத்தில் கோள் வெள்ளியின் பிறை பூச்சியமாகும்.

$$[\text{பிறை} = \frac{1+\cos EV_1S}{2} = \frac{1+\cos 180}{2} = 0].$$

உள்வட்டத்திற்கு E-லிருந்து EV_2, EV_4 என்ற இரு தொடுவரைகள் வரைவோம். வெள்ளி V_1-ல் இருக்கும்போது அதன் நீட்சி ($\angle SEV_1 = 0$) பூச்சியமெனப் பார்த்தோம். மேலும், வெள்ளி தன் பாதையில் செல்லும்போது அதன் நீட்சி அதிகமாகிறது. V_2-ல் வெள்ளி இருக்கும்போது அதன் நீட்சி மீப்பெருமதிப்பைப் பெறுகிறதெனத் தெரிகிறது; ஏனெனில் V_2-க்கு வருவதற்கு முன்னும் V_2ஐத் தாண்டிய பின்னும் $\angle SEV < \angle SEV_2$. அப்போது பிறையளவு,

$$= \frac{1+\cos EV_2S}{2} = \frac{1+\cos 90}{2} = \frac{1}{2}$$ ஆகும். அதாவது, இவ்விடைவெளியில் (V_1--லிருந்து V_2வரை) வெள்ளியின் பிறையளவு பூச்சியத்திலிருந்து பாதிக்கு உயர்கின்றது. V_1-லிருந்து இடம் மாறிச் சிலநாள்கள் கழித்து வெள்ளியின் திசை கதிரவனின் திசையிலிருந்து ஒரு சிறிதே விலகியிருக்கும். எனவே, அப்போது மெல்லொளியின் (twilight) காரணமாக வெள்ளி நமக்குத் தெரிவதில்லை. நாள்கள் செல்லச் செல்ல வெள்ளி நமக்குத் தெரிய ஆரம்பிக்கிறது. மேலும், அது தெரியும் நேரமும் அதிகமாகிறது. V_2-ல் வெள்ளி இருக்கும்போது அதிக நேரம் காட்சிக்குத் தெரிகிறது. EV_1-ன் நீட்டல் உள்வட்டத்தை V_3-ல் வெட்டட்டும். வெள்ளி V_2-லிருந்து V_3-க்குச் செல்லும்போது வெள்ளியின் நீட்சி மீப்பெருமதிப்பிலிருந்து மறுபடியும் பூச்சிய மதிப்பைப் (SEV_3) பெறுகிறது. V_3-ல் வெள்ளி இருக்கும்போது கதிரவனொளி படும் பாதிக் கோளம் மண்ணுலகின் பக்கம் திரும்பியுள்ளது. எனவே, அந்நிலையில் வெள்ளியின் பிறையளவு (பிறை $= \frac{1+\cos EV_3E}{2} = 1$) ஒன்றுகும்; அதாவது, முழு வெள்ளி (Full

Venus). ஆனால், இந்நிலையில் வெள்ளி, கதிரவன் திசையில் இருப்பதால் அது நமக்குத் தெரியாது போகிறது. இவ்வாறு V_1, V_3 என்ற இரண்டு இடங்களிலும் வெள்ளி இருக்கும்போது அதன் நீட்சி பூச்சியமாகிறது. அதற்கிடையில் ஒரு நிலையில் (EV_2 உள்வட்டத்திற்கு தொடுவரையாகும்போது) வெள்ளியின் நீட்சி மீப்பெருமதிப்பைப் பெறுகிறது. V_1-லிருந்து வெள்ளி V_3-க்குச் செல்லும்பொழுது வெள்ளியின் பிறையளவு பூச்சியத்திலிருந்து மதிப்பு ஒன்றை அடைகிறது. V_1-ல் வெள்ளி இருக்கும்போது அந்நிலையை அண்மை இணையல்நிலை (inferior conjunction) என்றும், V_3-ல் வெள்ளி இருக்கும்போது அந்நிலையைச் சேய்மை இணையல்நிலை (superior conjunction) என்றும் கூறுகிறோம்.

V_3-லிருந்து வெள்ளி V_4-க்குச் செல்லும்போது பிறை ஒன்றிலிருந்து பாதிக்குக் குறைகிறது. நீட்சி பூச்சியத்திலிருந்து மீப்பெரு மதிப்பு SEV_4-க்கு உயர்கிறது. பின்னர் வெள்ளி V_1ஐ அடையும்போது பிறை மேலும் குறைந்து பூச்சிய மதிப்பைப் பெறுகிறது. நீட்சியும் மீப்பெரு மதிப்பிலிருந்து குறைந்து பூச்சிய மதிப்பைப் பெறுகிறது.

15-4·2. ஓர் உட்கோளின் 'கதிரவன்வழிச் சுற்றுக் காலம்' (Synodic period of an inferior planet)

ஓர் உட்கோளின் அடுத்தடுத்த இரு அண்மை இணையல் நிலைகள் அல்லது இரு சேய்மை இணையல் நிலைக்கு இடைப்பட்ட காலத்தை அந்த உட்கோளின் **கதிரவன்வழிச் சுற்றுக் காலம்** எனக் கூறுகின்றோம். [அதாவது, மண்ணுலகப் பின்னணியில் கோள் கதிரவனை ஒரு முழுச் சுற்றுச் சுற்றிவர எடுத்துக்கொள்ளும் காலம்.]

15-4 2-1. ஓர் உட்கோளின் மீன்வழிச் சுற்றுக் காலத்திற்கும் கதிரவன்வழிச் சுற்றுக் காலத்திற்கும் உள்ள தொடர்பு காணல் (To find the relation between the siderial and synodic period of an inferior planet)

விண்மீன்கள் பின்னணியில் ஓர் உட்கோள் வானவெளியில் கதிரவனைச் சுற்றும் காலவட்டம் P நாள்களெனவும், விண்மீன்கள் பின்னணியில் மண்ணுலகம் வான வெளியில் கதிரவனைச் சுற்றும் காலவட்டம் Y நாள்களெனவும், மண்ணுலகையொட்டி, கோள் கதிரவனை ஒரு முழுச் சுற்றுச் சுற்றும் காலவட்டம் S எனவும் கொள்க. முழுச் சுற்று என்றால் 360° பயணம்.

எனவே, (1) தினசரி கதிரவனைச் சுற்றி உட்கோளின் தனிக் கோண வேகம் (absolute angular velocity) $w_1 = \frac{360°}{P}$.

(2) தினசரி கதிரவனைச் சுற்றி, மண்ணுலகின் தனிக் கோண வேகம் $w_2 = \frac{360}{Y}$. ஆகவே, (3) மண்ணுலகையொட்டி உட்கோளின் சார் வேகம் (கதிரவனைச் சுற்றி)

$$= w_1 - w_2$$
$$= \frac{360}{P} - \frac{360}{Y}$$

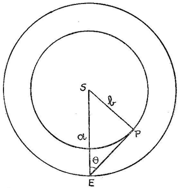
$$\therefore \quad \frac{360}{P} - \frac{360}{Y} = \frac{360}{S}$$

$$\therefore \quad \frac{1}{P} - \frac{1}{Y} = \frac{1}{S} \text{ எனப் பெறப்படும்} \qquad (1)$$

ஆகவே $\frac{1}{P} = \frac{1}{S} + \frac{1}{Y}$ ஆகும்.

குறிப்பு: இங்கு $w_1 > w_2$ ஆகையால் $\frac{360}{P} > \frac{360}{Y}$.

15-4·3. ஓர் உட்கோளின் மீப்பெரு நீட்சி காணல் (To find the maximum elongation of an inferior planet)



படம் 15-4·3

கோள் P-ன் நீட்சி மீப்பெருமதிப்பைப் பெறும்போது S-கதிரவன் நிலை, E-மண்ணுலகின் நிலையெனக் கொள்வோம். $SE = a$, $SP = b$. $\angle SEP = \theta$ (மீப்பெரு நீட்சி) படம் 15–4·3 காண்க. உட்கோளின் நீட்சி மீப்பெரு மதிப்பைப் பெறும் நிலையில் மண்ணுலகையும் அக்கோளையும் இணைக்கும் நேர்கோடு, அக்கோளின் பாதைக்குத் தொடுவரையாக இருக்குமென்பதை நாமறிவோம்.

அப்போது $\angle SPE = 90°$

எனவே, $\triangle SPE$-ல்

$$\sin\theta = \frac{b}{a}$$

$$\therefore \theta = \sin^{-1}\frac{b}{a}$$

அதாவது,

$$\text{உட்கோளின் மீப்பெரு நீட்சி} = \sin^{-1}\left\{\frac{\text{அக்கோளிற்கும் கதிரவனுக்கும் இடைப்பட்ட தூரம்}}{\text{மண்ணுலகிற்கும் கதிரவனுக்கும் இடைப்பட்ட தூரம்}}\right\}$$

$$\text{உட்கோள் வெள்ளியின் மீப்பெரு நீட்சி} = \sin^{-1}\left\{\frac{0\cdot7a}{a}\right\}$$

$$= \sin^{-1}\{0\cdot7\}$$

$$= 45° \text{ (தோராயமாக)}$$

$$\text{உட்கோள் புதனின் மீப்பெரு நீட்சி} = \sin^{-1}\left\{\frac{0\cdot4a}{a}\right\}$$

$$= \sin^{-1}\{0\cdot4\}$$

$$= 28° \text{ (தோராயமாக)}$$

15–4 4. உட்கோள் பற்றி மற்றும் சில குறிப்புகள்

1. ஓர் உட்கோள் எப்போதும் நேரெதிர் நிலையில் (opposition) இருக்கமுடியாது. ஏனெனின், ஓர் உட்கோளின் நீட்சி 0° முதல் ஒரு குறுங்கோண அளவிற்கு உயர்ந்து மறுபடியும் 0° அளவிற்குக் குறைகிறது.

2. ஓர் உட்கோள் அண்மை இணையல் நிலையில் மண்ணுலகிற்கு மிக அருகிலும், சேய்மை இணையல் நிலையில் மண்ணுலகிற்கு மிக தூரத்திலும் இருக்கிறது.

3. வெள்ளி நீட்சியின் மீப்பெருமதிப்பு 45°-லிருந்து 47·°75 வரை மாறுபடுகிறது. எனவே, கதிரவனிடமிருந்து கோளின் கோண தூரம் அதிகமன்று. இக் கோண தூரம் மிகமிகச் சிறியதாயிருக்கும்

போது கதிரவன் மறைந்தபின்பு மெல்லொளி காரணமாக வெள்ளியைப் பார்க்க முடிவதில்லை. எனவே, கோளின் நீட்சி மீப்பெரு நிலையை அடையும் நிலையில் கதிரவன் உதயத்திற்கு முன்பு சிறிது நேரமும் அல்லது கதிரவன் மறைவுக்குப் பின்பு சிறிது நேரமும் தெரியும்.

4. வெள்ளியைவிடப் புதன் கதிரவனுக்கு அருகில் இருப்பதால், புதன் நீட்சியின் மீப்பெருமதிப்பு 16°-லிருந்து 28·°5 வரை மாறுபடுகிறது. எனவே, கதிரவனிடமிருந்து புதன் கோண தூரம் மிகக் குறைவாகத் தெரிகிறது. எனவே, அநேகமாகக் கதிரவன் மறைந்த பிறகு நிலவும் மெல்லொளியில் புதன் நமது காட்சிக்குத் தெரிவதில்லை. புதனின் நீட்சி மீப்பெரு மதிப்பைப் பெறும்போது மட்டும் தொலை நோக்கிமூலம் புதனைக் காண இயலும்.

5. படம் 15–4·1-ல் $ESV_2 = ESV_4$. இவை ஒவ்வொன்றும் ϕ எனக் கொள்வோம். கதிரவன்வழி சுற்றும் காலத்தில் உள்ள நாள்கள் S எனவும் கொள்வோம். அப்போது வெள்ளி V_4-லிருந்து V_2-க்குச் செல்ல எடுத்துக்கொள்ளும் நேரம் $\frac{2\phi}{2\pi}$ S நாள்களாகும்; $\phi = \cos^{-1}\left(\frac{SV_2}{SE}\right)$. மேலும், வெள்ளி V_2-லிருந்து V_4-க்குச் செல்ல எடுத்துக் கொள்ளும் நேரம் $S - \frac{\phi}{\pi} S = \left(1 - \frac{\phi}{\pi}\right) S$ நாள்களாகும்.

6. சந்திரன் எல்லாப் பிறையளவுகளையும் கொள்வதுபோல், ஓர் உட்கோளும் எல்லாப் பிறையளவுகளையும் ஏற்கிறது. மூன்றும் பிறையிலிருந்து, முழுமதியம்வரை சந்திரன் ஒளி நமக்குத் தெரிகிறது. ஆனால், 'முழுமை'யான புதனோ வெள்ளியோ ஏற்படினும், கதிரவன் இடைமறிப்பதால் அம் 'முழுமை'க் காட்சிகள் நாம் பார்க்கமுடியாத நிலை உருவாகிவிடுகிறது.

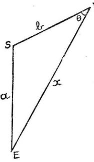
15–4 5. முழு வெள்ளி ஒளியை நாம் பார்க்க இயலாது எனக் கூறினோம். ஆனால், ஒரு தக்க சூழ்நிலையில் வெள்ளியின் எழிலொளி தனது மீப்பெரு பளபளப்பைப் பெற்று நமக்குக் காட்சியளிக்கிறது. அவ் வெழிற் காட்சி எப்போது உருவாகிறது எனக் கணிக்கலாம்.

ஒரு கோளின் பளபளப்பு

(1) அதன் பிறையளவிற்கு நேர்விகிதத்திலும்

(2) மண்ணுலகிலிருந்து அக் கோள் இருக்கும் தூரத்தின் இருபடிக்கு எதிர்விகிதத்திலும் இருக்கிறது என்பது ஒளியியல் முடிவாகும். இந்தக் கொள்கைப்படி, வெள்ளியின் மீப்பெரு பளபளப்புக்குரிய சூழ்நிலையைக் கணிப்போம்.

15-4·5-1. வெள்ளியின் பளபளப்பு (The brightness of Venus)



படம் 15–4·5-1

ஒரு குறிப்பிட்ட சமயத்தில் படம் 15–4·5-1-ன்படி S, P, E முறையே கதிரவன், வெள்ளி, மண்ணுலகம் இருக்கும் நிலைகள் எனக் கொள்வோம். அந்நிலையில் மண்ணுலகம் E-லிருந்து P-ன் தூரம் x எனக் கொள்க. மேலும் $\angle EPS = \theta$ எனவும், $SE = a$, $SP = b$ எனவும் கொள்க.

பிறையளவு $\qquad = \dfrac{1+\cos EPS}{2} = \dfrac{1+\cos\theta}{2}$

எனவே, அதன் பளபளப்பு $\quad B \propto \dfrac{\frac{1+\cos\theta}{2}}{x^2}$

அதாவது $B = k \quad = \dfrac{1+\cos\theta}{x^2}$ (இங்கு k ஒரு மாறிலி)

$\triangle SPE$-ல், $\cos\theta \quad = \dfrac{b^2+x^2-a^2}{2bx}$

$$\therefore B = k\left[\frac{1+\frac{b^2+x^2-a^2}{2bx}}{x^2}\right]$$

$$= \frac{k}{2b}\;\frac{(b+x)^2-a^2}{x^3}$$

B மீப்பெரு மதிப்பைப் பெறுவதற்கு $\frac{dB}{dx}$ பூச்சியமாக வேண்டும்.

அதாவது
$$\frac{dB}{dx} = \frac{\kappa}{2b} \frac{x^3 \cdot 2(b+x) - \{(b+x)^2 - a^2\} 3x^2}{x^6} = 0$$
$$\therefore \quad x \cdot 2(b+x) - 3\{(b+x)^2 - a^2\} = 0$$
$$\therefore \quad x^2 + 4bx + 3(b^2 - a^2) = 0$$
$$\therefore x = -2b \pm \sqrt{b^2 + 3a^2}$$

x-ன் குறைமதிப்புப் பொருந்தாது. எனவே, அதை விலக்க
$$x = -2b + \sqrt{b^2 + 3a^2}.$$

எனவே, வெள்ளி மண்ணுலகிலிருந்து $\{\sqrt{b^2 + 3a^2} - 2b\}$ தூரத்தி லிருக்கும்போது மீப்பெரு பளபளப்போடு காட்சியளிக்கும். இது புதனுக்கும் பொருந்தும்.

15–5. ஓர் உட்கோள் பெற்றிருக்கும் வானியல் பண்புகளும் ஒரு புறக்கோள் பெற்றிருக்கும் வானியல் பண்புகளும் சிலச்சில வழிகளில் வேறுபாடுடையவை. எனவே, புறக்கோளைப்பற்றி இப்போது பார்ப் போம். அவை மண்ணுலகத்தைவிட அதிகமான தூரத்திலிருப்பதால்,

(1) அவை கதிரவனைச் சுற்றிவரும் காலவட்டங்கள் மண்ணுலக ஆண்டைவிடப் பெரியவை ;

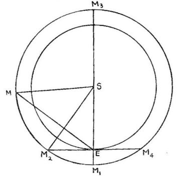
(2) அவற்றின் கோண வேகங்களும் நெட்டு வேகங்களும் மண் ணுலகத்தின் வேகங்களைவிடக் குறைந்தவை.

15–5·1. ஒரு புறக்கோளின் நீட்சி, பிறையளவுகளில் மாறுதல்கள் (The changes in the elongation and phase of a superior planet)

படம் 15–5·1 காண்க. S கதிரவன் நிலை ; உள்வட்டம் மண்ணுலகின் பாதை ; வெளிவட்டம் ஒரு புறக்கோள் M-ன் பாதை. மண்ணுலகம் E தனது பாதையில் இயங்கிக்கொண்டு இருக்கும்போது ஒரு சமயத்தில் கதிரவனுக்கும் புறக்கோளிற்கும் இடையில் வந்தமையும். அப்போதைய புறக்கோளின் நிலையை M_1 எனக்கொள்வோம். இப்போது கதிரவன் S, மண்ணுலகம் E, புறக்கோள் M_1 மூன்றும் ஒரே நேர்கோட்டில் அமைந்துள்ளன. இந்நிலையில் புறக்கோளின் நீட்சி $\angle SEM_1$-ன் மதிப்பு 180° ஆகும். எனவே, புறக்கோள் நேரெதிர் நிலையில் உள்ளது. M_1-ல் கதிரவன் ஒளி படும் பாதிக்கோளம் மண்ணுலகின் பக்கம் திருப்பியிருக்கும். எனவே, அச்சமயம் புறக்கோளின் பிறையளவு ஒன்றாகும்.

$$\text{பிறையளவு} = \frac{1+\cos EM_1S}{2} = \frac{1+\cos 0}{2} = 1 \quad (\text{முழுமை})$$

w_1, w_2 என்பன முறையே மண்ணுலகம், புறக்கோள் இரண்டின் சீரான கோண வேகங்களெனக் கொண்டால் $w_1 > w_2$ என நாமறிவோம்.



படம் 15–5·1

SEஐ நிலைத்த கோடெனக் கொண்டால் SM_1-ன் சார்புக் கோண வேகம் $w_2 - w_1$. ஆனால், $w_1 > w_2$ என இருப்பதால் $w_2 - w_1$ குறை மதிப்புடையதாக இருக்கும் ($w_1 - w_2$ கூட்டு மதிப்பு). எனவே, SEஐ ஒட்டி, SM_1 என்ற திசைக்கோடு $w_1 - w_2$ என்ற சார்புக்கோண வேகத்தில் வலஞ்சுழியாகச் சுற்றுவதுபோலத் தோன்றும். உள்வட்டத்திற்கு E-ல் தொடுவரைகள் வரைவோம். அவை வெளிவட்டத்தை M_2, M_4-ல் வெட்டட்டும். மேலும், M_1E-ன் நீட்டல் வெளிவட்டத்தை M_3-ல் வெட்டட்டும்.

புறக்கோள் M_1-ல் இருக்கும்பொழுது அதன் பிறையளவு $= \frac{1+\cos EM_1S}{2} = \frac{1+\cos 0}{2} = 1$ (முழுமை). கதிரவனுக்கு நேரெதிர்த் திசையில் இருப்பதால் கதிரவன் மறையும்போது அது முழுமையாகத் தோன்றும். இரவு முழுவதும் வானவெளியில் சஞ்சரித்தபின் கதிரவன் உதிக்கும் சமயத்தில் மறைய ஆரம்பிக்கும். கோள் M_1-லிருந்து வலஞ்சுழியாக M_2ஐ நோக்கிச்செல்லும்போது $\angle EMS$ 0°-லிருந்து உயர்

கிறது. M_2 என்ற நிலையில் கோளின் நீட்சி $\angle SEM_2 = 90°$ ஆகும். இந்நிலையில் புறக்கோளின் பிறையளவு $= \frac{1+\cos EM_2S}{2} > \frac{1}{2}$; தொலை நோக்கி வழியாகப் பார்த்தால் குமிழ்நிலைப் பிறை (gibbous planet) தெரியும். (ஏனெனில், EM_2S ஒரு குறுங்கோணம்.) இந்நிலையில் புறக்கோள் கதிரவன் திசையிலிருந்து 90° விலகித் தெரியும். இந் நிலை, குத்துநிலை அல்லது அரைப்பிறைநிலை (quadrature) என்று கூறப்படும். (ஆனால், காட்சிக்குப்படுவது அரைக்கு மேற்பட்ட பிறையளவு.) M_2-லிருந்து புறக்கோள் செல்லச்செல்லக் கோணங்கள் SME, SEM இரண்டும் குறைகின்றன. எனவே, புறக்கோளின் பிறை அதிகரிக்கிறது. M_3-ல் கோளின் பிறையளவு ஒன்று (பிறையளவு $= \frac{1+\cos SM_3E}{2} = \frac{1+\cos 0}{2} = 1$ முழுமை). கோளின் நீட்சி $SEM_3 = 0$. இந்நிலையைச் சேய்மை இணையல் நிலை என்று குறிப்பிடுகின்றோம். இங்குக் கதிரவனும் புறக்கோளும் ஒரே திசையில் உள்ளதால் இரண்டும் ஒன்றாக உதித்து ஒன்றாக மறைகின்றன. எனவே, முழுமைக்கோள் நமக்குத் தெரியா தென்பதைக் கவனத் தில் கொள்ள வேண்டும். இந்நிலையில் புறக்கோள் மண்ணுலகிலிருந்து மீப்பெரு தூரத்தில் இருக்கின்றது. புறக்கோள் செல்லச்செல்ல அதன் நீட்சி 0°-லிருந்து அதிகரிக்கிறது; பிறையளவு குறைகிறது. புறக் கோள் M_4ஐ அடையும்பொழுது அதன் நீட்சி 90°; பிறையளவு

$$= \frac{1+\cos EM_4S}{2}$$
$$> \frac{1}{2}$$

இந்நிலையிலிருந்து M_1-க்குச் செல்லும்போது புறக்கோளின் நீட்சி உயர்ந்து 180° ஆகிறது; பிறையளவும் மிகுந்து முழுமை பெறுகிறது.

$$\text{பிறையளவு} = \frac{1+\cos EM_1S}{2} = \frac{1+\cos 0}{2} = 1.$$

புறக்கோள் M_1-ல் இருக்கும்போது, கோள் மண்ணுலகத்திலிருந்து மீச்சிறு தூரத்தில் இருக்கின்றது.

செவ்வாயில் ஆரம்பித்து மற்றப் புறக்கோள் யாவற்றிற்கும் இப்போது கூறப்பட்டவை பொருந்தும்.

15·5·2. புறக்கோள்கள் பற்றி மற்றையக் குறிப்புகள்

1. கதிரவனுக்கு இரு புறங்களிலும் புறக்கோளின் நீட்சி 0° முதல் 180° வரை எல்லா மதிப்புகளையும் பெறுகிறது.

2. புறக்கோள் எப்போதும் அண்மை இணையல் நிலையில் இருக்க முடியாது; உட்கோள்கள் எப்போதும் நேரெதிர் இணையல் நிலையில் இருக்கமுடியாது.

3. படம் 15–5·1-ல் முக்கோணம் SEMஇ எடுத்துக்கொண்டால் எப்போதும், SMஇவிட SE குறைவாகவே இருப்பதால் கோணம் SME எப்போதும் குறுங்கோணமாகவே இருக்கும். எனவே, எப்போதும் அதன் பிறையளவு $\frac{1+\cos SME}{2} > \frac{1}{2}$. மேலும், சேய்மை இணையல் நிலையிலும் எதிர்நிலையிலும் பிறையளவு முழுமையாகும். ஏனெனில், இவ்விரு நிலையிலும் $SME = 0°$. எனவே, ஒரு புறக்கோளின் பிறை எப்போதும் முழுமையாக அல்லது குமிழ்நிலையில் மட்டுமே தான் இருக்கும். சிறு பிறையளவும் பாதிப் பிறையளவும் ஏற்படா.

4. புறக்கோள் M-லிருந்து பார்க்கும்போது மண்ணுலகக்-கதிரவன் நீட்சி என்பது கோணம் SME. M_2-ல் M இருக்கும்போது இம்மதிப்பு $\angle EM_2S$ என்ற மீப்பெரு மதிப்பைப் பெறுகிறது. எனவே, ஒரு புறக்கோள் குத்துநிலை அல்லது அரைப்பிறை நிலையில் இருக்கும்போது அக்கோளிலிருந்து கதிரவன்-மண்ணுலக நீட்சி மீப்பெரு மதிப்புப் பெறுகிறது. அச்சமயம் பிறையளவு மீச்சிறு மதிப்புடையதாகிறது.

5. புறக்கோளிலிருந்து நோக்கின் மண்ணுலக இயக்கமும் பிறைகளும், மண்ணுலகிலிருந்து உட்கோளைப் பார்த்தால் அமைந்திருக்கும் உட்கோளின் இயக்கத்தையும் பிறைகளையும் ஒத்திருக்கும்.

6. மறுதலையாக உட்கோளிலிருந்து நோக்கின் மண்ணுலக இயக்கமும் பிறைகளும், மண்ணுலகிலிருந்து புறக்கோளைப் பார்த்தால் அமைந்திருக்கும் புறக்கோளின் இயக்கத்தையும் பிறைகளையும் ஒத்திருக்கும்.

15–5·3. ஒரு புறக்கோளின் கதிரவன்வழிச் சுற்றுக் காலம் (Synodic period of a superior planet)

ஓர் உட்கோளின் கதிரவன்வழிச் சுற்றுக்காலம் வகுத்தபடியே ஒரு புறக்கோளின் சுற்றுக்காலமும் வகுக்கப்படுகிறது. ஒரு புறக்கோளின் அடுத்தடுத்த இரு எதிர்நிலைகள் அல்லது இரு சேய்மை இணையல் நிலைகளுக்கு இடைப்பட்ட காலத்தை அந்தப் புறக்கோளின் கதிரவன்வழிச் சுற்றுக்காலம் எனக் கூறுகின்றோம். (அதாவது, மண்ணுலகப் பின்னணியில் புறக்கோள் கதிரவனை ஒரு முழுச்சுற்றுச் சுற்றிவர எடுத்துக்கொள்ளும் காலம்.)

15–5·4. ஒரு புறக்கோளின் மீன்வழிச் சுற்றுக் காலத்திற்கும் கதிரவன்வழிச் சுற்றுக் காலத்திற்கும் உள்ள தொடர்பு (To find the relation between the siderial and synodic periods of a superior planet)

P, Y, S என்பவை முன்பு 15–4·2-1-ல் கொண்டபடியே எடுத்துக் கொள்க. இங்கு $w_2 > w_1$ எனக் காண்க. அங்குப் பெற்ற முடிவுகளின்

அடிப்படையில் மண்ணுலகையொட்டி, புறக்கோளின் சார்வேகம் (கதிரவனைச் சுற்றி)

$$= w_2 - w_1 \text{ (வலஞ்சுழியாக)}$$

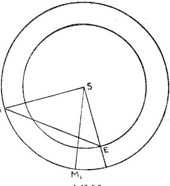
$$= \frac{360}{Y} - \frac{360}{P}$$

$$\therefore \frac{360}{S} = \frac{360}{Y} - \frac{360}{P}$$

$$\therefore \frac{1}{Y} - \frac{1}{P} = \frac{1}{S}$$

$$\therefore \frac{1}{Y} = \frac{1}{P} + \frac{1}{S}$$ எனப்படும்.

15–5 5. கதிரவனிடமிருந்து புறக்கோளின் தூரத்தைக் காணல் (To find the distance of a superior planet from the sun)



படம் 15–5·5

புறக்கோளின் எதிர்நிலைக்கு x நாள்களுக்குப் பின் S, E, M முறையே கதிரவன், மண்ணுலகம், புறக்கோள் இவைகளின் நிலைகளைக் குறிக்கட்டும். இப் புறக்கோளின் கதிரவன் வழிச் சுற்றுக்காலம் S நாள்

கள் எனக் கொள்வோம். எனவே, எதிர் நிலைக்கு ஒரு நாளைக்குப் பின் புறக்கோள் M_1-ல் இருந்தால் $\angle ESM_1 = 360°/S$. ஆகையால், எதிர் நிலைக்கு x நாள்களுக்குப் பின் மண்ணுலகமும், புறக்கோளும் கதிரவனில் தாங்கும் கோணம் $\angle ESM = \left(x \cdot \frac{360}{S}\right)^{\circ}$ ஆகும். புறக்கோளின் நீட்சியான $\angle SEM$-ன் மதிப்பை நாம் கண்டறிய முடியும். எனவே, $\triangle SEM$-ல், மூன்றுவது கோணம் $\angle SME$ஐக் கணக்கிட்டறியலாம். மேலும் இம் முக்கோணத்தில்

$$\frac{SM}{\sin S\hat{E}M} = \frac{SE}{\sin S\acute{M}E}$$

$$\text{எனவே,} \quad SM = SE \times \frac{\sin S\hat{E}M}{\sin S\hat{M}E}$$

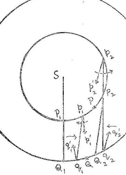
அதாவது, புறக்கோளிற்கும் கதிரவனுக்கும் இடைப்பட்ட தூரம் மண்ணுலகிற்கும் கதிரவனுக்கும் இடைப்பட்ட தூரத்தின் சார்பாகப் பெறப்படுகிறது. இவ்வாறே உட்கோளிற்கும் கதிரவனுக்கும் இடைப்பட்ட தூரத்தை, மண்ணுலகிற்கும் கதிரவனுக்கும் இடைப்பட்ட தூரத்தின் சார்பாகப் பெறலாம்.

15–6·1. கோள்களின் நேர், பிற்போக்கு இயக்கங்களும், திசை மாறு நிலைகளும் (Direct and Retrograde motion of planets—their stationary positions)

S கதிரவனின் நிலையைக் குறிக்கட்டும். உள் வட்டமும் வெளி வட்டமும் முறையே P, Q என்ற இரு கோள்கள் கதிரவனைச் சுற்றி வரும் பாதைகளைக் குறிக்கட்டும். P என்ற கோள் Q என்ற கோளை விட கதிரவனுக்கு அருகில் உள்ளது. எனவே, P-ன் கோண வேகமும், நெட்டு வேகமும், Q-ன் வேகங்களைவிட அதிகமிருக்கும். எனவே, ஒரு சமயத்தில் கோள் P, கதிரவனுக்கும் கோள் Q-க்கும் இடையில் நேராக வரும். மேலே கூறப்பட்ட நிலையில் P-ன் நிலையை P_1 எனக் குறிப்பிடுவோம். அச்சமயத்தில் கோள் Q-ன் நிலையைக் Q_1 எனக் குறிப்பிடுவோம். இப்போது S, P_1, Q_1 மூன்றும் ஒரே நேர்கோட்டிலமைந்துள்ளது. படம் 15–6·1 காண்க.

கோள்கள் கதிரவனை இடஞ்சுழியாகச் சுற்றி வருவதால் அடுத்த நாள் கோள்கள் P-ம் Q-ம் p_1, q_1-ல் இருக்கும். கோள் P-ன் கோண வேகமும், நெட்டு வேகமும் Q-ன் கோண நெட்டு வேகங்களை விட அதிகமிருப்பதால் $Q_1 q_1$ஐ விட $P_1 p_1$ அதிக நீளமிருக்கும். முதல் நாள் $\overrightarrow{Q_1 P_1}$ என்பது கோள் Q-லிருந்து கோள் P-ன் திசையைக்

குறிக்கின்றது. அடுத்த நாள் $\overrightarrow{q_1 p_1}$ என்பது கோள் Q-லிருந்து கோள் P-ன் திசையைக் குறிக்கின்றது. q_1 வழியாக $Q_1 P_1$-க்கு இணையாக $q_1 q_1'$ என்ற கோடு வரைக. $q_1 q_1'$ என்பது முதல் நாள் கோள் Q-லிருந்து கோள் P-ன் திசையையும், $\overrightarrow{q_1 p_1}$ என்பது அடுத்த நாள் கோள் Q-லிருந்து P-ன் திசையையும் குறிக்கிறது. எனவே, ஒரு நாள் இடைவெளியில் கோள் Q-லிருந்து பார்த்தால் கோள் P-ன் திசை வலஞ்சுழியாகச் சுற்றியிருக்கின்றது என்பது பெறப்படுகிறது.



படம் 15-6·1

இவ்வகையான இயக்கத்தைப் பிற்போக்கு இயக்கம் (retrograde motion) என்று கூறுகின்றோம். இவ்வியக்கத்தில், விண்மீன்கள் பின்னணியில் கோள் Q-ல் இருப்பவர்களுக்குக் கோள் P கிழக்கிலிருந்து மேற்கே செல்வதுபோல் தோன்றும். அவ்வாறே p_1-ல் $P_1 Q_1$-க்கு இணையாக $p_1 p_1'$ என்ற கோடு வரைந்தால் அக்கோடு அவ்வொரு நாள் இடைவெளியில் வலஞ்சுழியாகச் சுற்றிக்கொண்டிருப்பதை அறியலாம். எனவே, கோள் P-லிருந்து பார்த்தால் கோள் Q-ன் திசையும் வலஞ்சுழியாகச் சுற்றியிருக்கிறதென்பது பெறப்படுகிறது. இவ்வியக்கமும் வலஞ்சுழியாதலின் பிற்போக்கு இயக்கமேயாகும்.

எனவே S, P_1, Q_1 என்ற நேர்கோட்டு நிலைக்குப் பின்பு சில நாள்கள், P-லிருந்து பார்ப்பவனுக்கு Q-ன் இயக்கம் பிற்போக்காக வும் (வலஞ்சுழி), Q-லிருந்து பார்ப்பவனுக்குக்கூட, P-ன் இயக்கம் பிற்போக்காகவும் தோற்றமளிப்பது விளக்கமாகிறது.

இவ்வாறாக P-ம் Q-ம் ஒன்றுக்கொன்று பிற்போக்காகச் சென்று கொண்டிருக்கும்போது, ஏதாவது ஒரு சமயத்தில் P, Q என்ற இரண்டு கோள்களையும் இணைக்கும் நேர்கோடு உள்வட்டத்திற்குத் தொடுவரை யாக அமையக்கூடிய ஒரு நிலை வரும். அச்சமயத்தில் கோள்களின் நிலையை P_2, Q_2 என்ற புள்ளிகள் குறிக்கட்டும். அதற்கு அடுத்த நாள் களின் நிலைகளை p_2, q_2 என்ற புள்ளிகள் குறிக்கட்டும். கோள் P-ன் கோண, நெட்டு வேகங்கள் கோள் Q-ன் கோண நெட்டு வேகங்களை விட அதிகமிருப்பதால் $Q_2 q_2$ஐ விட $P_2 p_2$ அதிக நீளமிருக்கும். முதல் நாள் $\overrightarrow{Q_2 P_2}$ என்பது கோள் Q-லிருந்து கோள் P-ன் திசையைக் குறிக்கிறது. அடுத்த நாள் $\overrightarrow{q_2 p_2}$ என்பது கோள் Q-லிருந்து கோள் P-ன் திசையைக் குறிக்கின்றது. q_2 வழியாக $Q_2 P_2$-க்கு இணையாக $\overrightarrow{q_2 q_2'}$ என்ற கோடு வரைக. $\overrightarrow{q_2 q_2'}$ என்பது முதல் நாள் கோள் Q-லிருந்து கோள் P-ன் திசையையும் $\overrightarrow{q_2 p_2}$ என்பது அடுத்த நாள் கோள் Q-லிருந்து P-ன் திசையையும் குறிக்கின்றன. எனவே, மேலே காட்டியுள்ள இடைவெளியில் கோள் Q-லிருந்து கோள் P-ன் திசை இடஞ்சுழியாகச் சுற்றி இருக்கிறது என்பது பெறப்படுகிறது. இவ்வகையான இயக்கத்தைக் கோளின் நேரியக்கம் என்று கூறு கின்றோம். இவ்வியக்கத்தில், விண்மீன்களின் பின்னணியில், கோள் Q-ல் இருப்பவர்களுக்கு கோள் P மேற்கிலிருந்து கிழக்கே செல்வது போல் தோன்றும். அவ்வாறே p_2-ல் P_2 Q-க்கு இணையான $\overrightarrow{p_2 p_2'}$ கோடு வரைந்து கோள் P-லிருந்து கோள் Q-ன் திசையும் இடஞ்சுழி யாகச் சுற்றுகிறதென்பதை அறியலாம். எனவே, இவ்வியக்கமும் நேரியக்கம் என்றே பெறப்படுகிறது.

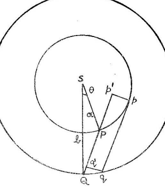
S, P_2, Q_2 என்ற நிலைகளுக்குப் பின்பு P-லிருந்து பார்ப்பவ னுக்கு Q-ன் இயக்கம் நேரியக்கமாகவும் (இடஞ்சுழி) Q-லிருந்து பார்ப்பவனுக்கு P-ன் இயக்கம் நேரியக்கமாகவும் தோற்றமளிக்கிறது.

இவ்விரு நிலைகளுக்கிடையில், அதாவது

1. S, P_1, Q_1
2. S, P_2, Q_2

என்ற இரு நிலைகளுக்கிடையில், ஏதோ ஒரு சமயம், பிற்போக்கு இயக்கம் நின்று, நேரியக்கம் ஆரம்பித்திருக்கவேண்டும். அத் திசை மாற்றம் ஏற்படும் சமயத்தில் ஒரு மிகச் சிறு நேரம், P, Q இரண்டும் ஒன்றுக்கொன்று தம் திசை மாறுது இணையாக நகர்ந்திருக்கவேண்டும். இந்நிலை அவ்விரு கோள்களின் திசை மாறு நிலை (Stationary position) எனப்படும்.

15–6·2. இரு கோள்கள் ஒன்றுக்கொன்று திசை மாறு நிலையிலுள்ளபோது ஒரு கோளிலிருந்து மற்றொரு கோளின் நீட்சி காணல் (To find the elongation of each planet as seen from the other when they appear stationary)



படம் 15-6·2

பிற்போக்கு இயக்கம் நின்று, நேரியக்கம் ஆரம்பமாவதற்கு முன்பு திசைமாறு நிலை ஏற்படும் சமயத்தில் இரு கோள்களின் நிலைகளைப் புள்ளிகள் P-ம் Q-ம் குறிக்கட்டும் (படம் 15-6·2 காண்க). இந்நிலை தொடர்ந்து ஒரு மிகச்சிறிய நேரத்திற்கே நீடிக்கும். இச்சிறு நேரத்தை 't' எனக் கொள்வோம். இச்சிறு காலம் 't'-ல் இவ்விரு கோள்களும் முறையே p, q என்ற இடங்களுக்கு நகர்ந்துவிட்டதாகக் கொள்வோம்.

முதற்கோள் P-லிருந்து p வரும் வரையும், அதே சமயத்தில் இரண்டாம் கோள் Q-லிருந்து q வரும் வரையும் இரு கோள்களும் ஒன்றுக்கொன்று திசை மாறுது நகர்ந்துகொண்டிருக்கின்றன (கால இடைவேளை t-ல்) எனக் கொள்ளப்பட்டதாகையால் $PQ \parallel pq$ என்பது தெரிய வருகிறது. $SP = a$; $SQ = b$ எனவும் P, Q-ன் நெட்டு வேகங்கள் u, v எனவும் கொள்க. $\angle PSQ = \theta$ எனவும் கொள்க. $pp'\ q'q$ என்ற செவ்வகம் வரைந்துகொள்க.

வில் $Pp = ut$;

வில் $Qq = vt$;

மேலும் $qq' = pp'$

't' மிகச் சிறிதாகையால், வில் Pp-ம், வில் Qq-ம் நேர்கோடுகளெனவே கொள்ளலாம். அப்போது

$pp' = Pp \sin pPp'$

$= Pp \sin (90 - SPp')$ [Pp ஒரு தொடுவரையெனக் கொள்ளலாம்]

$= Pp \cos SPp'$

$= Pp \cos (180 - S\hat{P}Q)$

$= -Pp \cos S\hat{P}Q$

$= -ut \cos$ (P-லிருந்து, கதிரவன் $- Q$ நீட்சி)

$= -ut \cos P$ எனக் கொள்வோம்

$qq' = Qq \sin qQq'$

$= Qq \sin (90 - S\hat{Q}P)$ [Qq ஒரு தொடுவரையெனக் கொள்ளலாம்].

$= Qq \cos S\hat{Q}P$

$= Qq \cos$ (Q-லிருந்து கதிரவன் $- P$ நீட்சி)

$= vt \cos Q$ (எனக் கொள்க)

$\because\ pp' = qq'$

$-ut \cos P = vt \cos Q$

$$\therefore\ \cos P = -\frac{v}{u} \cos Q \qquad (1)$$

T_1, T_2 என்பவை முறையே P, Q-ல் கால வட்டங்களாயின்

$uT_1 = 2\pi a$; $vT_2 = 2\pi b$

$$\therefore\ \frac{uT_1}{vT_2} = \frac{a}{b}$$

கெப்ளரின் மூன்றாவது விதிப்படி

$$\frac{T_1^2}{T_2^2} = \frac{a^3}{b^3}$$

அதாவது $\frac{T_1}{T_2} = \frac{a^{3/2}}{b^{3/2}}$

$$\therefore \frac{u}{v} \cdot \frac{a^{3/2}}{b^{3/2}} = \frac{a}{b}$$

$$\therefore \frac{u}{v} = \frac{b^{1/2}}{a^{1/2}}$$

எனவே (1)-ன்படி

$$\cos P = -\frac{a^{1/2}}{b^{1/2}} \cos Q \qquad (2)$$

மேலும், $\triangle\ SPQ$-ல்

$$\frac{a}{\sin Q} = \frac{b}{\sin P}$$

$$\therefore \sin P = \frac{b}{a} \sin Q \qquad (3)$$

(2); (3) இரண்டையும் இருபடிக்கு உயர்த்திக் கூட்ட

$$1 = \frac{a}{b}\cos^2 Q + \frac{b^2}{a^2}\sin^2 Q$$

$$= \frac{a}{b}(1-\sin^2 Q) + \frac{b^2}{a^2}\sin^2 Q$$

$$\therefore \left(\frac{b^2}{a^2} - \frac{a}{b}\right)\sin^2 Q = 1 - \frac{a}{b}.$$

$$\frac{b^3 - a^3}{a^2 b}\sin^2 Q = \frac{b-a}{b}$$

$$\therefore \sin^2 Q = \frac{a^2(b-a)}{b^3 - a^3}$$

$$= \frac{a^2}{a^2 + ab + b^2}$$

$$\sin Q = \frac{a}{\sqrt{a^2 + ab + b^2}} \qquad (4)$$

$$\cos^2 Q = 1 - \frac{a^2}{a^2 + ab + b^2}$$

$$= \frac{ab + b^2}{a^2 + ab + b^2}$$

$$\cos Q = \frac{\sqrt{b\,(a+b)}}{\sqrt{a^2+ab+b^2}} \tag{5}$$

$$\tan Q = \frac{a}{\sqrt{b\,(a+b)}} \tag{6}$$

(3)-ன்படி ;

$$\sin P = \frac{b}{a} \sin Q$$

$$= \frac{b}{a} \cdot \frac{a}{\sqrt{a^2+ab+b^2}}$$

$$= \frac{b}{\sqrt{a^2+ab+b^2}} \tag{7}$$

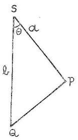
(2)-ன்படி

$$\cos P = -\frac{a^{1/2}}{b^{1/2}} \cos Q$$

$$= -\frac{a^{1/2}}{b^{1/2}} \cdot \frac{\sqrt{b\,(a+b)}}{\sqrt{a^2+ab+b^2}}$$

$$= -\frac{\sqrt{a\,(a+b)}}{\sqrt{a^2+ab+b^2}} \tag{8}$$

$$\therefore \tan P = \frac{-b}{\sqrt{a\,(b+a)}} \tag{9}$$



திசைமாறு நிலையிலுள்ளபோது கோள்கள் P-ம் Q-ம் கதிரவன் S-ல் தாங்கும் கோணம் θ எனக் கொண்டோம். அப்போது $\angle PSQ = \theta$.

$\Delta\ PSQ$-ல்

$$a = b\cos\theta + PQ\cos P$$
$$b = a\cos\theta + PQ\cos Q$$
$$\therefore\ \cos P = \frac{1}{PQ}(a - b\cos\theta)$$
$$\cos Q = \frac{1}{PQ}(b - a\cos\theta)$$
$$\therefore\ \frac{\cos P}{\cos Q} = \frac{a - b\cos\theta}{b - a\cos\theta} \qquad (10)$$

(2), (10)லிருந்து

$$\frac{a - b\cos\theta}{b - a\cos\theta} = -\sqrt{\frac{a}{b}}$$
$$\therefore\ \cos\theta = \frac{a\sqrt{b} + b\sqrt{a}}{a^{3/2} + b^{3/2}}$$
$$= \frac{\sqrt{ab}\,(\sqrt{a} + \sqrt{b})}{(\sqrt{a} + \sqrt{b})\,(a - \sqrt{ab} + b)}$$
$$\therefore\ \cos\theta = \frac{\sqrt{ab}}{a - \sqrt{ab} + b} \qquad (11)$$

குறிப்பு 1 : ஒரு குறிப்பிட்ட தருணத்தில் ஒரு கோளிலிருந்து மற்றொரு கோளைப் பார்த்தால், இரண்டும் ஒன்றுக்கொன்று வலஞ்சுழியாகவோ இடஞ் சுழியாகவோ இயங்கும் தோற்றம் தெரியும் ; அல்லது அப்போது ஒன்றுக்கொன்று திசைமாறு நிலையிலிருக்கும்.

குறிப்பு 2 : இரு கோள்கள் ஒன்றுக்கொன்று மிக அண்மையிலிருக்கும்போது, ஒன்றுக்கொன்று வலஞ் சுழியாக இயங்கிக்கொண்டிருக்கும்.

குறிப்பு 3 : படம் 15–6·1-ல் Q மண்ணுலகமெனவும், P ஓர் உட்கோளெனவும் கொண்டால், P_1 என்ற இடத்தில் P என்ற கோள், அண்மை இணையல் நிலையிலும், P_2 என்ற இடத்தில் மீப்பெரு நீட்சியிலும் இருக்கும். எனவே, அண்மை இணையல் நிலையில் ஓர் உட்கோளின் இயக்கம் வலஞ் சுழியாகவும், மீப்பெரு நீட்சி நிலையில் இயக்கம் இடஞ் சுழியாகவும் இருப்பதைக் காணலாம்.

குறிப்பு 4 : படம் 15–6·1-ல் P மண்ணுலகமெனவும், Q ஒரு புறக்கோள் எனவும் கொண்டால், Q_1 என்ற இடத்தில் புறக்கோள் நேரெதிர் நிலையிலிருக்கிறது ; இயக்கம் வலஞ்சுழி. Q_2 என்ற நிலையில், புறக்கோள் குத்து நிலையில் (quadrature) உள்ளது ; இயக்கம் இடஞ்சுழி.

15–6·3. எ.கா. 1: ஓர் உட்கோள், மண்ணுலகம், புறக்கோள், கதிரவனிலிருந்து முறையே a, 1, b வானியல் அலகு தூரங்களில் உள்ளன. உட்கோளும், புறக்கோளும் சமமான கதிரவன் வழிச் சுற்றுகாலம் உடையதாக இருந்தால்

$$a^{-3/2}+b^{-3/2} = 2 \text{ என நிறுவுக.}$$

உட்கோள் மீன்வழிச் சுற்றுகாலம் P_1;
புறக்கோள் மீன்வழிச் சுற்றுகாலம் P_2;
அவை கதிரவன்வழிச் சுற்றுகாலம் S;
மண்ணுலகம் மீன்வழிச் சுற்றுகாலம் Y;
எனக் கொள்க.

உட்கோள் $$\frac{1}{P_1} - \frac{1}{Y} = \frac{1}{S}$$

புறக்கோள் $$\frac{1}{Y} - \frac{1}{P_2} = \frac{1}{S}$$

$$\therefore \quad \frac{1}{P_1} - \frac{1}{Y} = \frac{1}{Y} - \frac{1}{P_2}$$

$$\frac{Y}{P_1} + \frac{Y}{P_2} = 2 \qquad (1)$$

கெப்ளரின் மூன்றும் விதிப்படி

$$\frac{P_1^2}{Y^2} = \frac{a^3}{1}$$

$$\frac{P_2^2}{Y^2} = \frac{b^3}{1}$$

$$\therefore \quad \frac{1}{a^{3/2}} + \frac{1}{b^{3/2}} = 2$$

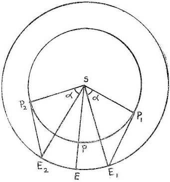
அதாவது $a^{-3/2}+b^{-3/2} = 2$

எ.கா. 2: மண்ணுலகமும் ஒரு கோளும் கதிரவனைச் சுற்றி a, b ஆரமுள்ள வட்டப் பாதைகளில் இயங்குகின்றனவெனக் கொண்டு அக் கோளின் பிற்போக்கியக்க காலம் $\frac{\alpha S}{180}$ நாள்கள் என நிறுவுக. S-ன் அக் கோளின் கதிரவன்வழிச் சுற்றுகாலம்;

$$\cos\alpha = \frac{\sqrt{ab}}{a+b-\sqrt{ab}} \text{ எனக் கொள்க.}$$

15–6·2 (11)ல் கண்டபடி, P என்ற கோளும் E என்ற மண்ணுலகமும் ஒன்றுக்கொன்று திசைமாறு இயக்கம் பெற்றிருக்கும்போது

PE என்ற கோடு, கதிரவனிடத்தில் தாங்கும் கோணம் α-ன் மதிப்பு $= \cos^{-1}\left\{\frac{\sqrt{ab}}{a+b-\sqrt{ab}}\right\}$.



படம் 15–6·3

படம் 15–6·3 பார்க்க. S, P, E மூன்றும் ஒரே நேர் கோட்டு நிலை; இங்குப் பிற்போக்கியக்கம் ஆரம்பம். P_1, E_1–பிற்போக்கியக்கம் முடிந்த நிலை. திரும்பவும், P_2, E_2–பிற்போக்கியக்கம் ஆரம்பமாகும் நிலை. எனவே, கோள் P_2-விருந்து P_1 வரும்வரை பிற்போக்கியக்க நிலை நீடிக்கிறது. இந்தப் பிற்போக்கியக்க நிலை நீடிக்கும் நேரம்

= மண்ணுலகையொட்டி அக் கோள் 2α பயணம் செய்யும் நேரம்

$= \frac{2\alpha}{360} \times S$ நாள்கள்

$= \frac{S\alpha}{180}$ நாள்களாகும்.

பயிற்சி 15

1. P, Q என்ற இருகோள்கள் கதிரவனைச் சுற்றி முறையே a, b என்ற ஆரங்கள் கொண்ட வட்ட வரைகளில் இயங்குகின்றன. ஒன்றுக்கொன்று திசை மாறாது இயங்கும்போது

$$\frac{a}{b} = \frac{1}{2}\tan\frac{\theta}{2}\ \tan\theta$$ என நிறுவுக.

$\tan\theta = 2\cot E$ எனக்கொள்க. E என்பது P-லிருந்து Q-ன் நீட்சியாகும்.

2. ஒரு கோளும் மண்ணுலகமும் திசைமாறு நிலையில் இயங்கும் போது, கதிரவனையும் கோளின் திசைமாறு நிலைப்புள்ளியையும் இணைக்கும் கோடு, மண்ணுலகத்தில் தாங்கும் கோணம் θ எனவும், அக்கோளின் மீப்பெரு நீட்சி ϕ எனவும் கொண்டால்

$$2\cot\theta = \sec\frac{\phi}{2} + \operatorname{cosec}\frac{\phi}{2}$$ என நிறுவுக.

3. P, Q, S முறையே இரு கோள்களையும் கதிரவனையும் குறிக்கின்றன. அவ்விரு கோள்களும் திசைமாறு நிலையில் இயங்கும்போது $\angle PSQ = 60°$ ஆனுல் $a^2 + b^2 = 7ab$ என நிறுவுக (a, b என்பவை கோள்களின் வட்ட இயங்கு பாதையின் ஆரங்கள்).

4. P, Q என்ற இரு கோள்களின் வட்டப் பாதை ஆரங்கள் முறையே a, b. P-லிருந்து Q-ன் பிறையளவு E; Q-லிருந்து P-ன் பிறையளவு V. அப்போது

$$b^2 V(1-V) = a^2 E(1-E)$$ என நிறுவுக.

கதிரவனிலிருந்து வெள்ளியின் தூரம் 0·72 வானியல் அலகெனின், வெள்ளியிலிருந்து மண்ணுலகத்தை நோக்கின் மண்ணுலகப் பிறையளவு என்னவாயிருக்கும்?

5. P ஒரு புறக்கோள்; E மண்ணுலகம். P-லிருந்து E-ன் பிறையளவு பாதியாக இருக்கும்போது, E-லிருந்து P-ன் பிறையளவு மீச்சிறு மதிப்புடையதென நிறுவுக. P-ன் பளபளப்பு, நேரெதிர் நிலையில் மீப்பெரு மதிப்புப் பெறுகிறதெனவும், இணையல் நிலையில் மீச்சிறு மதிப்புப் பெறுகிறதெனவும் நிறுவுக.

6. $\phi > 23\frac{1}{2}°$ அலகாங்குள்ள இடங்களில் கதிரவன் உதயம், மறைவு நேரங்களில், ஓர் உட்கோளின் ஏற்றகோணம் $\sin^{-1}\{\sin E\cos(\phi - 23\frac{1}{2}°)\}$ என்ற மதிப்பிற்கு மேற்பட முடியாதென்று நிறுவுக. இங்கு E என்பது அக்கோளின் மீப்பெரு நீட்சி. அக்கோள் மீப்பெரு நீட்சியில் உள்ள நாள் மார்ச்சு 21 அல்லது செப்டம்பர் 23 ஆனுல் ஏற்றகோணம் $= \sin^{-1}\{\sin E\cos(\phi - 23\frac{1}{2}°)\}$ என நிறுவுக.

7. கதிரவனிலிருந்து நெப்டியூன் 30 வானியல் அலகுகள். இக்கோளின் கதிரவன்வழிச் சுற்றுகாலம் 368 நாள்கள் எனின், எத்தனை நாள்கள் இக்கோளின் பிற்போக்கு இயக்கம் நீடிக்கும். (அ)

8. மண்ணுலகமும் செவ்வாயும் விண்மீன்கள் பின்னணியில் கதிரவனைச் சுற்றி வரும் கால வட்டங்கள் முறையே 365·25; 687 நாள்கள். புதனின், கதிரவன் சுற்றுவழிக் காலம் காண்க. (அ)

9. கதிரவனிலிருந்து புதனின் தூரம் 0·4 வானியல் அலகு. புதனின் பிற்போக்குக் காலம் எவ்வளவு நீடிக்கும்? (செ.)

10. கதிரவனிலிருந்து சனிக்கோளின் தூரம் 9·54 வானியல் அலகுகள். விண்மீன்களின் பின்னணியில் அதனுடைய காலவட்டம் என்ன? கதிரவன்வழிக் காலவட்டம் ஏறக்குறைய 378 நாள்களென நிறுவுக. அக்கோளின் நேரெதிர் நிலைக்கும் குத்து நிலைக்கும் உள்ள இடைவெளிப் பொழுதைக் கணக்கிடுக. (செ.)

11. வியாழன் அடுத்தடுத்துக் கிழக்குத் திசையில் மீச்சிறு பிறையளவும், மேற்குத் திசையில் மீச்சிறு பிறையளவும் காட்சியளிக்கும் சமயங்களுக்கிடைப்பட்ட காலம் 175 நாள்கள்; அக் கோள், அடுத்தடுத்து நேரெதிரில் தோன்றும் கால இடைவெளி 400 நாள்கள். கதிரவனிலிருந்து வியாழன் தூரத்தை வானியல் அலகில் காண்க. (செ.)

12. ஒரு சிறு கோளின் கதிரவவழிக் கால வட்டம் x நாள்களானால், (1) விண்மீன் பின்னணியில் அதன் கால வட்டமென்ன? (2) கதிரவனிலிருந்து அதனுடைய தூரம் (வானியல் அலகில்) என்ன? (செ.)

13. E, P, S முறையே மண்ணுலகம், ஓர் உட்கோள், கதிரவனை இடங்குறிக்கின்றன. $SE : SP = \sqrt{3} : 1$; $E\hat{S}P = 30°$ உள்ளபோதும் $E\hat{S}P = 90°$ உள்ளபோதும் P-லிருந்து E-ன் பிறையளவும், E-லிருந்து P-ன் பிறையளவும் என்ன விகிதத்திலிருக்கும்? இவ்விரு நிலைகளிலும் P-ன் பளபளப்புகள் 4 : 3 என்ற விகிதத்தில் உள்ளன வென நிறுவுக. (செ.)

14. ஒரு சிறு கோளின் காலவட்டம், விண்மீன்களின் பின்னணியில் 3·5 ஆண்டுகளாயின், கதிரவனிலிருந்து அக்கோளின் தூரம் 2·3 வானியல் அலகுகள் என நிறுவுக. (செ.)

15. P, Q, S முறையே மண்ணுலகம், ஒரு புறக்கோள், கதிரவன் ஆகியவற்றை இடங்குறிக்கின்றன. $SQ = 16SP$ ஆனால், Q-வின் இயக்கம் பிற்போக்காகத் தோன்றும் காலம் எவ்வளவெனக் காண்க. [$\cos^{-1}\frac{1}{3} = 72°$ எனக் கொள்க.] (செ.)

16. விண்மீன்கள் பின்னணியில் மண்ணுலகமும், வெள்ளியும் கதிரவனைச் சுற்றிவரும் காலவட்டங்கள் முறையே 365·25 நாள்கள், 224·7 நாள்கள். வெள்ளி அடுத்தடுத்துச் சேய்மை இணையல் நிலைகளில் இருக்கும் சமயங்களுக்கிடைப்பட்ட காலப்போழ்தென்ன? (செ.)

17. விண்மீன்களின் பின்னணியில், மண்ணுலகக் காலவட்டமும் வெள்ளியின் காலவட்டமும் 13 : 8 என்ற விகிதத்தில் உள்ளன. வெள்ளி மீப்பெரு தூரங்களில் அடுத்தடுத்துத் தோன்றும் சமயங்களுக் கிடைப்பட்ட காலம் 584 நாள்களெனெ நிறுவுக. (அ)

18. பிப்ரவரி 22ஆம் நாளும் அக்டோபர் 8ஆம் நாளும் வியாழன் கதிரவனையொட்டிக் கிழக்கு மேற்குக் குத்துநிலைகளில் (eastern and western quadratures) உள்ளன. அடுத்த ஆண்டு ஜனவரி இரண்டாம் நாள் நேரெதிர் நிலையில் இருந்தது. கதிரவனிலிருந்து வியாழன் தூரத்தையும், வியாழனின் கதிரவன் சுற்றுவட்டக் காலத்தை யும் கணக்கிடுக.

19. கதிரவனிலிருந்து மண்ணுலகத்தின் தூரம் இன்றையவிட 10 சதவிகிதம் அதிகமானுல் மண்ணுலக ஆண்டு இன்றும் ஏறக்குறைய 56 நாள்கள் அதிகமாகுமென நிறுவுக.

20. புதனின் காலவட்டம், விண்மீன்களின் பின்னணியில் 88 நாள் கள். அக்கோள் அடுத்தடுத்து அண்மை இணையல் நிலையில் இருக்கும் சமயங்களுக்கிடைப்பட்ட காலப்போழ்தென்ன? (செ.)

21. கதிரவனிலிருந்து நெப்டியூன் 30 வானியல் அலகுகள். அத னுடைய கதிரவன் சுற்றுவழிக் காலம் 368 நாள்கள். அதனுடைய பிற் போக்கியக்கம் எத்தனை நாள்கள் நீடித்திருக்கும்? (செ.)

22. வெள்ளியின் மீப்பெரு நீட்சி 45°; விண்மீன்கள் பின்னணியில் காலவட்டம் $\frac{8}{13}$ மண்ணுலக ஆண்டு. அடுத்தடுத்து $\frac{6}{5}$ ஆண்டுகள், $\frac{2}{5}$ ஆண்டுகள் காலவட்டங்களில் வெள்ளி தன் மீப்பெரு நீட்சி நிலையி லிருக்குமென நிறுவுக. (செ.)

23. எல்லாக் கோள்களுக்குமுள்ள நேரியக்க காலம் அவற்றின் பிற்போக்கியக்க காலத்தைவிட மிகுந்திருக்குமென நிறுவுக. (செ.)

24. செவ்வாய் மண்ணுலகத்திற்கு அண்மையில் உள்ளபோது அத னுடைய இயக்கம் பிற்போக்காகவும், சேய்மையிலுள்ளபோது நேரியக்க மாகவும் தோன்றுகிறதென நிறுவுக. (செ.)

25. கீழே கொடுக்கப்பட்ட இடங்களில் அவ்வக் கோள்கள் இருக்கும் போது அவற்றின் இயக்கம் பிற்போக்கா, நேரியக்கமாவெனக் காண்.

(1) குத்துநிலையில் வியாழன்; (2) நேரெதிர் நிலையில் செவ்வாய்; (3) சேய்மையிணையல் நிலையில் புதன்; (4) மீப்பெரு நீட்சி நிலையில் வெள்ளி.

26. கதிரவனிலிருந்து ஒரு புறக்கோளின் தூரம் n^2 வானியல் அலகுகள். அதன் பிற்போக்கியக்கம்

$$\left\{\frac{n^3}{\pi(n^3-1)}\right\}\cos^{-1}\left\{\frac{n}{n^2-n+1}\right\}\times 365{\cdot}25$$ நாள்கள் நீடிக்கும் என நிறுவுக.

குறிப்பு: $\frac{b}{a}=n^2$; $\cos\theta=\frac{n}{n^2-n+1}$; $\frac{1}{s}=\frac{1}{y}-\frac{1}{p}$;

மேலும் $\frac{p^2}{y^2}=\frac{n^6}{1}$.

$$\therefore\ s=\frac{py}{p-y}=\frac{y^2n^3}{n^3y-y}=\frac{yn^3}{n^3-1}$$

$\therefore$ பிற்போக்கியக்க நீடிப்பு $=\frac{\theta s}{\pi}$

$$=\frac{n^3}{\pi(n^3-1)}\cos^{-1}\left(\frac{n}{n^2-n+1}\right)y$$ நாள்கள்.

27. ஒரு கோளினது மண்ணுலகைத்தை யொட்டிய காலவட்டம் ஓராண்டிற்கும் இரண்டாண்டுகளுக்கும் இடையே இருப்பின், கதிரவனிலிருந்து அதன் தூரம் வானியல் அலகில் எந்த எல்லைகளுக்குள் இருக்க வேண்டும்?

குறிப்பு:

உட்கோளாயின் $\frac{1}{s}=\frac{1}{p}-\frac{1}{y}$ எனவும்

புறக்கோளாயின் $\frac{1}{s}=\frac{1}{y}-\frac{1}{p}$ எனவும்

15-4·2-1-லும் 15-5·4-லும் நாம் பார்த்தோம். $y=$ ஓராண்டு.

s-ன் மதிப்பு y-க்கும், $2y$-க்கும் இடைப்பட்டிருக்கவேண்டிய கட்டுப்பாடு கொடுக்கப்பட்டிருக்கிறது. வானியல் அலகில் கோளின் தூரம் a எனக் கொள்க.

அப்போது, உட்கோளாயின்:

$$\frac{p}{y}=\frac{a^{3/2}}{1};\ \frac{1}{s}=\frac{1}{y.a^{3/2}}-\frac{1}{y}=\frac{1-a^{3/2}}{y.a^{3/2}}$$

$$\therefore\ \frac{s}{y}=\frac{a^{3/2}}{1-a^{3/2}}$$

கொடுத்த கட்டுப்பாட்டின்படி,

$$1<\frac{a^{3/2}}{1-a^{3/2}}<2$$

$$\therefore\ 1-a^{3/2}<a^{3/2} \quad (A)$$
$$a^{3/2}<2-2a^{3/2} \quad (B)$$

(A)-ன்படி $2a^{3/2}>1$

அதாவது $a^3>\frac{1}{4}$ ஆக இருக்கவேண்டும்.

அதாவது $a>\frac{1}{4^{1/3}}$

அதாவது $a>\frac{1}{1\cdot5874}$

அதாவது $a>0\cdot6299$

(B)-ன்படி $3a^{3/2}<2$

அதாவது $a^{3/2}<\frac{2}{3}$

அதாவது $a^3<\frac{4}{9}$

அதாவது $a<\sqrt[3]{\frac{4}{9}}$

அதாவது $a<0\cdot7632$

எனவே, அது ஓர் உட்கோளாயின், அதன் தூரம், வானியல் அலகில் 0·6299-க்கும் 0·7632-க்கும் இடைப்பட்டிருக்கவேண்டும். அது ஒரு புறக்கோளாயின்,

$$\frac{1}{s}=\frac{1}{y}-\frac{1}{y.a^{3/2}}$$
$$=\frac{1}{y}\left(\frac{a^{3/2}-1}{a^{3/2}}\right)$$
$$\therefore\ \frac{s}{y}=\frac{a^{3/2}}{a^{3/2}-1}$$

கொடுத்த கட்டுப்பாட்டில் $1<\frac{a^{3/2}}{a^{3/2}-1}<2$ ஆக இருக்கவேண்டும்.

$$\therefore\ a^{3/2}-1<a^{3/2} \quad (C)$$
$$a^{3/2}<2a^{3/2}-2 \quad (D)$$

(D)-ன்படி $-a^{3/2}<-2$

அல்லது $a^{3/2}>2$

அதாவது $a^3>4$ ஆக இருக்கவேண்டும். இது புறக்கோளுக்குப் பொருத்தமானதோர் கட்டுப்பாடுதான்.

அதாவது $a>\sqrt[3]{4}$

அதாவது $a>1\cdot5874$ என்ற கட்டுப்பாடு தேவைப்படும்.

(C)-ன்படி, ஒரு கட்டுப்பாடும் கிடைக்காது. எனவே, அது ஒரு புறக்கோளாயின், அதன் தூரம் வானியல் அலகில் 1·5874-க்கு மேற்பட்டிருக்கவேண்டும்.

16. வால் விண்மீன்கள்—எரி, வீழ் விண்மீன்கள்
(Comets and Meteors)

16-0. வால் விண்மீன்கள் (Comets)

கதிரவன் குடும்பக் கோள்களைப் போலவே, வால் விண்மீன்களும் கதிரவனைச் சுற்றி வருகின்றன. அவையும் கெப்ளரின் மூன்று விதிகளுக்குட்பட்டே இயங்குகின்றன. ஆகவே, அவற்றையும் கதிரவன் குடும்பத்தோடு இணைத்துப் பேசுவதில் தவறொன்றுமில்லை. ஆனால், கோள்களுக்கும் வால் விண்மீன்களுக்கும் வேறுபாடுகள் உள்ளன. இயற்பியல் அமைப்பிலும் (Physical Constitution) வேறுபாடுகள் உண்டு.

16-1. 'Stellae Comatae' அதாவது முடியால் மூடப்பட்ட விண்மீன்கள் (Hairy Stars) என்றே அவை முன்னர் பெயரிடப்பட்டிருந்தன. இவை கதிரவன் ஈர்ப்புச் சக்தியினால் இயங்குபவை. ஆனால், ஒரு குறிப்பிட்ட காலத்தில் தோன்றி மறைவன என்று கூறுவதற்கில்லை. ஒரு சில தவிர மற்றவை காலவட்டங்களுக்குக் கட்டுப்பட்டு இருப்பதாகத் தெரியவில்லை. பல திடீரென்று தோன்றி, ஒளி மிகுந்து, சிறிது காலம் வானவெளிப் பயணம் செய்து ஒளி மங்கி மறைந்துவிடும்.

நம் கண்ணுக்குப் படும் வால் விண்மீன்கள் ஒரு மங்கலான வெண்முகிற் பகுதிபோல் தோன்றுகின்றன. ஓர் ஒளி மிகுந்த மையக் கரு (nucleus) அவ்வெண்முகிற் பகுதியின் நடுவிலிருக்கும். அதிலிருந்து ஒரு மங்கலாகிக் கொண்டே போகும் வால் கதிரவன் பக்கத்திற்கு எதிர்ப் பக்கமாக இருக்கும். இவ்வால் மிக நீண்டு, வானத்தில் கணிசமான பகுதியில் காட்சியளிக்கும். (சில விண்மீன்களின் வால்கள் 16×10^6 முதல் 80×10^6 கி.மீ. அளவு நீண்டிருக்கிறது.)

தோன்றும் வால் விண்மீன்களில் 20 சதவிகிதம் மட்டுமே கண்ணுக்குப் புலப்படுகின்றன. தொலைநோக்கிகள் பயன்பட ஆரம்பித்த

பின்பு, பல வால் விண்மீன்கள் காண்பதற்கு வசதியேற்பட்டது. ஒளி மிக்க வால் விண்மீன் தோற்றம், ஒரு புகழ்பெற்ற பெரிய மனிதர் மறைவுக்கோ, அல்லது ஒரு பெரிய நோய் மக்களிடையே பரவுதற்கோ, நீர், நெருப்பு, நில நடுக்கம் முதலியவற்றால் பெரிய நாசம் ஏற்படு வதற்கோ முன்னறிகுறி என்ற ஒரு நம்பிக்கை பல நாட்டவரிடையே பரவி இருந்ததால், வால் விண்மீன் தோற்றங்கள்பற்றிய குறிப்புகள் உலகில் பல நாடுகளில் கிடைக்கின்றன.

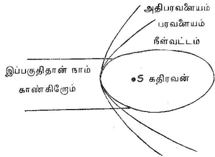
கி.பி. 1500க்கு முன்	400 வால் விண்மீன்கள்	
1500—1800 வரை	79	,,
1800—1827 ,,	27	,,
1850—1915 ,,	78	,,

தோன்றிய தேதிகள்பற்றிய குறிப்புகள் உள்ளன. நாமறிந்தவரை 1948ஆம் ஆண்டில் மாத்திரம் 10 வால் விண்மீன்கள் தோன்றியதாகத் தெரிகிறது.

16-1·1. வால் விண்மீன்கள் இயங்கு வழி : ஏறக்குறைய 400 வால் விண்மீன்களின் இயங்குவழிகள் உறுதி செய்யப்பட்டிருக் கின்றன. பெரும்பான்மையானவை, பரவளையப் பாதைகள் (Parabolic Orbits); சில அதிபர வளையப் பாதைகள் (Hyperbolic); மற்றவை நீள் வளையப் பாதைகள். பரவளைய, அல்லது அதிபர வளையப் பாதை களாயின், அவை கதிரவனுக்கு அப்பாற்பட்ட விண்வெளி மண்டலத்தி லிருந்து கதிரவன் ஈர்ப்பு மண்டலத்திற்கு இழுக்கப்பட்டு வந்தனவா யிருக்கவேண்டும்; அப்படி இழுக்கப்பட்டபோதிலும், கதிரவன் ஈர்ப்பு மண்டலத்தில் சிறைப்படுத்தப்படாமல், மறுபடியும் அவை கதிரவன் ஈர்ப்பு மண்டலத்திற்கப்பால் தப்பித்துப் போக வேண்டும்; தப்பித்துப் போனபின் மறுபடியும், கதிரவன் ஈர்ப்பு மண்டலத்திற்குள் நுழையாது, விண் வெளியிலேயே போய்க்கொண்டிருக்க வேண்டும், அல்லது அழிந்துவிட வேண்டும். அல்லது அவை நீள் வட்டப் பாதைகளில் இயங்குமாயின், பல ஆண்டுகள் நூறு, அல்லது ஆயிரக்கணக்கான ஆண்டுகள் கழித்து மறுபடியும் காட்சிக்கு வந்தாக வேண்டும்; அல்லது பாதையிலேயே அழிந்துவிட வேண்டும்.

எனவே, பல வால் விண்மீன்கள் பாதைகளை நாம் திட்டவட்டமாகக் கூற முடியாது. அவை கதிரவன் அருகில் வரும்போது நமக்குத் தெரி கின்றன; பின்னர் அவை என்னவாகின்றனவென நாம் அறியமுடியாத நிலையில்தான் இருக்கிறோம். பின் வரும் படத்தில் மூன்றுவிதப் பாதை களும் காட்டப்பட்டிருக்கின்றன; வால் விண்மீன் காட்சிதரும் பகுதி யில், நீள் வட்டமா, பரவளையமா, அதிபர வளையமா என அறுதியிட்டுக் கூறமுடியாது.

ஒரு வால் விண்மீன் பாதை பரவளையப் பாதைதான் என நுட்பமாக ஐயந்திரிபின்றி நாம் அறுதியிட்டுக் கூறிவிட்டால், அதைத் திரும்பக் காணமுடியாது. இம்முடிவே அதிபர வளையப் பாதைக்கும் அமையும். ஆனால், இயல்பாக ஒரு நீள் வட்டப் பாதையில் இயங்கும்



படம் 16-1·1

ஒரு வால்மீனின் பாதை, கோள்களின் உலைவுகளால் (perturbations) அதிபர வளையப் பாதையாகவும் மாற்றப்படலாம் என நாம் அறிகிறோம். அப்படிப்பட்ட வால் விண்மீன்கள், புறவெளியிலிருந்து வராவிட்டாலும், புறவெளிக்குத் தப்பியோடி விடமுடியும்.

ஆனாலும் நாமறிந்த பல வால் விண்மீன் பாதைகள், நீள்வட்டப் பாதைகள் எனவே முடிவுகட்டப்பட்டிருக்கின்றன. அப்படிப்பட்டனவற்றுள் ஏறக்குறைய 50 மீன்களே 'காலவட்டத்திற்கு' உட்பட்டன வெனத் தெரிகிறது ; அதாவது அவை, ஒரு முறையேனும் திரும்பி வந்து கண்ணுக்குப்படுகின்றன. சில சூழ்நிலைகளில், நமது 'காலவட்ட'க் கணிப்புச் சற்றுப் பிறழ்ந்து விடுவதாலும், சில சூழ்நிலைகளில், நமது கணிப்பிலகப்படாத உலைவுகளால், பாதை தடுமாற்றம் ஏற்பட்டு விடுவதாலும், சில சூழ்நிலைகளில் அவற்றின் அண்மை நிலையும் இணையல் நிலையும் ஒருங்கிவிடுவதாலும், சில விண்மீன்கள் நாம் அறிய மாட்டாத சில விளைவுகளால் அழிந்துவிடுவதாலும், 'காலவட்ட'க் கணிப்பப்படி, அவற்றினை நாம் மீண்டும் மீண்டும் காணமுடியாமல் போய்விடுகிறது.

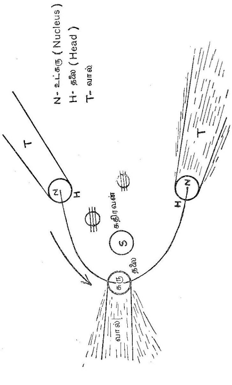
16-1·2. வால் விண்மீன் தோற்றம் : முதன் முதலில், ஒரு வால் விண்மீன் தொலை நோக்கியில் காட்சிக்குச் சிக்கும்போது, ஒரு மங்கலான, தெளிவான உருவம் பெருத முகில் போலத் தோன்றுகிறது. ஆனுல், அதன் நடுவே, ஒரு செறிவும் உறைவும் (condensation) உருவாகியிருக்கலாம். இந்த விதத்தில் முதற் காட்சியளிக்கும் வால் விண்மீன், கதிரவனை நெருங்க நெருங்க, மூன்று திட்டமான பகுதிகளைப் பெறுவது நமக்குத் தெரிகிறது. அவையாவன : ஒரு தலை (head or coma); ஒரு மையக் கரு; ஒரு வால் (tail). அப்போது அம்மீன் ஏறக்குறைய, ஒரு வட்ட அல்லது நீள்வட்ட உருவம் பெறுகிறது. தலையின் அண்மையில் உள்ள மையக் கரு, மிக்க ஒளியோடு ஒரு சாதாரண விண்மீன் போல மின்னுகிறது. தலைப்பக்கம் கதிரவன் இருக்கும்; மங்கலான வால் அதற்கு (கதிரவனுக்கு) எதிர்ப்பக்கமாகத் தோன்றும்; வால் நீண்டு ஒரு நீளக் குழாய் போலத் தோன்றும்; அக்குழாய் அச்சு, வால் விண்மீன் இயங்குபாதைத் தளத்தில் அமையும். வால் நுனியிலிருந்து மையக் கருப்பக்கம் செல்லச் செல்ல, வாலின் ஒளி மிகுந்துகொண்டே செல்லும். வால்விண்மீன் கதிரவனை நெருங்க நெருங்க வாலும் விண்மீனுக்குப்பின் செல்லும். வால் விண்மீன், கதிரவனிடமிருந்து அண்மை நிலையைக் கடந்த பின்பு, வால் முன்னும், தலை பின்னுமாக ஓடும். கதிரவனை யடுத்துள்ளபோதுதான் இவ்வாறுண்டு; பின்னர் வால் மறைந்து விடும். அதாவது கதிரவனின் அண்மைக்கும், வால் தோற்றத்திற்கும் ஒரு நேரிய தொடர்பு இருக்கலாம் (படம் 16-1·2 பார்க்க).

[குறிப்பு : 1970 மார்ச்சு மாதம் 29ஆம் நாள் கொடைக்கானல் வானுராய்ச்சி சாலையில் எடுக்கப்பட்ட பென்னட் வால் விண்மீன் (Bennet's Comet)-ன் படம் 16-4·5 (பக்கம் 91)-ல் காண்க.]

16-2. வால் விண்மீன் குடும்பங்கள்

வியாழன் என்ற கோளுக்குச் சொந்தமாக ஒரு வால் விண்மீன் குடும்பமே வானில் உள்ளது. வியாழனின் மிகப்பெரிய ' பொருண்மை ' காரணமாக இக்கோளின் வலியில் பல வால்மீன்கள் சிக்கிவிடுகின்றன வென்பது ஒரு கொள்கை. மற்றக் கோள்களுக்கும் சிறப்பான வால் விண்மீன் குடும்பங்கள் இருக்கலாமெனவும் முடிவு செய்ய இடமிருக்கிறது. ஆனுல், வியாழனின் குடும்பமே பெரிய குடும்பம், ஏறக்குறைய முப்பது; ' சனி'க்கு மூன்றும், ' உரேனஸ்'ஸுக்கு இரண்டும், ' நெப்டியூனு'க்கு எட்டும் இருக்கலாம் எனத் தெரிகிறது. உலகப் புகழ்பெற்ற ' ஹாலி'யின் (Halley) வால் விண்மீன் நெப்டியூன் குடும்பத்தைச் சேர்ந்தது.

இவை தவிர, மற்ற எத்தனையோ வால் விண்மீன்கள் வானவெளியில் தோன்றி, வளர்ந்து, மறைந்து அல்லது சிதைந்துபோய்க் கொண்டே இருக்கின்றன.



படம் 16-1·2

ஆனால், இரண்டு முக்கியமான வால் விண்மீன்கள் 1862 III, 1889 III என்பவற்றின் கதிரவன் அண்மைத் தூரங்கள் முறையே 47·6; 49·8 வானியல் அலகுகளாகும். இவை நெப்டியூனுக்கு அப்பாலும் இதுவரை நாமறியாத ஒரு பெரிய கோளின் குடும்பத்தைச் சார்ந்தவையாயிருக்கலாமோ என வானியல் அறிஞர்களிடையே ஓர் ஐயம் நிலவிவருகிறது.

16-3. வால் விண்மீன் அளவு, பொருண்மை, ஒளியளவு

பெரிய அரக்க வால் விண்மீன்களும் (giant comets) உண்டு; சிறியவையும் உண்டு. மையக் கரு எவ்வளவு பெரிதேனும் இருக்கலாம், சிறிதாகவுமிருக்கலாம். சில கருக்களின் விட்டம் 160 கி.மீ. (100 மைல்); சில கருக்களின் விட்டம் சில ஆயிரம் கி.மீ.; தலை மிகப் பெரிதாக இருக்கலாம்.

உலகப் புகழ்பெற்ற 1811ஆம் ஆண்டு தோன்றிய வால் விண்மீனின் தலை, ஒருநிலையில் கதிரவனைவிடப் பெரிதாக இருந்ததெனக் கூறப்படுகிறது. கதிரவனை நெருங்க நெருங்க, வால் விண்மீன்களின் தலை சுருங்குவதாகத் தோன்றுகிறது. இச்சுருக்கம் ஒரு காட்சி மாயையாகக்கூட இருக்கலாம். வால் நீளம் சில கோடி கி.மீ. இருக்கலாம்; சில வால்கள் கதிரவன்—உலக தூரத்தைவிட அதிகமான நீளமும் பெற்றிருக்கலாம். இவைதான் இதுவரை நாம் வால் விண்மீன்களைப் பற்றிக் கண்டறிந்தவை.

உருவம் மிகப் பெரிதாயினும், இவை கனமில்லை. நேரடியாக இவற்றின் பொருண்மையை நாம் கணிக்க முடியாவிடினும், எந்த வால் விண்மீனின் பொருண்மையும் மண்ணுலகத்தின் பொருண்மையில் $\frac{1}{10^6}$ பாகம்கூட இராதுபோலும். எனவே, வால்மீனின் சராசரி அடர்த்தி மிகக் குறைவாகத்தானிருக்கும்; தலையின் அடர்த்தியைவிட வால் அடர்த்தி மிகக் குறைவு. சில வால்மீன்கள் தம் பாதையில் உடைந்து, விண்கற்களைப் பொழிவது காணப்பட்டபடியால், தலையில் பரவலாக விண்கற்கள் இருக்கலாமல்லவா?

வால் விண்மீன்கள் ஒன்றுக்கொன்று ஒளி மாறுபாடுடையவை. ஊனக்கண்ணால் காணக்கூடிய சில வால்மீன்கள், (கதிரவன், சந்திரன் ஒளியை விலக்கிப் பார்க்கும்போது) மிக ஒளியுடையனவாகத் தோன்றுகின்றன. சில, கதிரவன் அண்மையில்கூட (தொலைநோக்கி வழியாகப் பார்க்கப்படும்போதுகூட) மிக மங்கலாகவே தெரிகின்றன. ஒளி மிகையும், குறையும் தூரத்தை மட்டிலும் பொறுத்ததாகத் தெரியவில்லை; தூரம் செல்லச் செல்ல, சில மணி நேரங்களில் அல்லது சில நாள்களில், ஒளிமங்குதல் காணப்படுகிறது. சிறப்பாக, 1931ஆம் ஆண்டில் பிப்ரவரி

மாதம் தோன்றிய வால் விண்மீன் (எண் 1925 II) கதிரவனிலிருந்து 8 வானலகு தூரமிருந்தபோது ($8 \times 149 \cdot 5 \times 10^6$ கி.மீ.) சில நாள்களில் தன் ஒளியை ஒன்றுக்கு நூறு மடங்கு பெருக்கியதாகக் குறிக்கப்பட்டிருக்கிறது. அப்போது அதன் சிறு மையக் கருவின் இடத்தில் ஒரு பெரிய ஒளிப்பிழம்பு வட்டமே காணப்பட்டதாம். இந்த ஒளி பெருக்கும் பொருள், வால் விண்மீனின் உட்பொருள் வெடிப்பினுல்தான் ஏற்பட்டிருக்க வேண்டுமென்றும், கடன் வாங்கிய கதிரவன் ஒளியாக இருக்க முடியாது என்றும் முடிவு கட்டப்பட்டது.

16-3·1. வால் விண்மீனின் வால்: இவ் வாலைப்பற்றி பௌதிக நூலறிஞர்கள் சில கொள்கைகளை வகுத்திருக்கின்றனர். அவை மூன்று பெரும் பிரிவுகளாகப் பிரிக்கப்படலாமென்றும், ஒவ்வொரு வகைக்கும் சிறப்பான பண்புகளுண்டெனவும் கூறுகின்றனர். மாக்ஸ்வெல் (Max Well) நிறுவிய கொள்கைப்படி ஒளி ஒரு பொருளின்மேல் விழுமானல், அவ்வொளி ஒரு சிறிய அழுக்கம் உண்டுபண்ணுகிறது என்ற அடிப்படையில் தற்கால பௌதிக ஆசிரியர்கள் வால்மீனைப்பற்றி ஆராய்ச்சி செய்திருக்கின்றனர். இந்நூலில் இதைப்பற்றிப் பெரிய விளக்கம் கூற இயலாதாகையால் இக்குறிப்போடு நிறுத்திக் கொள்ளுகிறோம்.

16-4. வரலாற்றுப் புகழ்பெற்ற சில வால் விண்மீன்கள்

1. ஹாலி (Halley) கண்ட வால் விண்மீன்: நியூட்டன் வாழ்ந்த காலத்தில் வாழ்ந்தவர் ஸர் எட்மண்ட் ஹாலி (Sir Edmund Halley, 1656–1742) என்ற வானியல் அறிஞர். இவர் வானியலில் பல துறைகளில் பல ஆராய்ச்சிகள் செய்து புகழ்பெற்றவர். இரண்டாவது அரசவை வானியல் அறிஞராக (Astronomer Royal) லண்டன் வானியல் ஆராய்ச்சிக் கூடத்தில் பணியாற்றினர் [முதல் அரசவை வானியல் அறிஞர் 'Y'-ன் இடங்குறிக்கும் முறையைக் கண்ட பிளாம்ஸ்டீட் (Flamsteed)]. இவர் கண்ட வால் விண்மீனுக்கு இவர் பெயரே சூட்டப்பட்டு, அதை நாம் 'ஹாலி'யின் விண்மீன் எனக் குறிப்பிடுகிறோம். இது 'நெப்டியூன்' குடும்பத்தைச் சேர்ந்தது. முதன் முதலில் இது கண்டு குறிக்கப்பட்ட ஆண்டு கி.பி. 1066. இது, முன்னரே மனிதர் கண்ணுக்குட்பட்டிருந்த போதிலும், ஹாலி என்பவரால் தான் இதன் இயங்குபாதையும், காலவட்டமும் கணிக்கப்பட்டன. கி.பி. 1456, 1531, 1607, 1682......ஆண்டுகளில் தோன்றிய வால் விண்மீன் பாதைகள் ஒரே ஒரு வால்மீன் திரும்பத் திரும்ப வந்த பாதையெனவும், அதன் கால வட்டம் ஏறக்குறைய 75 அல்லது 76 ஆண்டுகள் எனவும் ஹாலி எடுத்துச் சொன்னர். அவர் அவ்வால்மீன் மறுபடியும் 1758ஆம் ஆண்டு ஒரு குறிப்பிட்ட நாளில் திரும்ப வரும் என முன்கூட்டியே கூறினர். தாம் உயிருடன் இருந்து அதைப் பார்க்க முடியாது எனவும் கூறினர். இவ்வறிவிப்பை பிரிட்டன் அரசவைக் கழகத்

திற்கு (Royal Society) அனுப்பும்போது அவர் கூறியதாவது: 'இவ்வால்மீன் 1758ஆம் ஆண்டு மறுபடியும் மனிதன் காட்சிக்கு வரும்; அப்படி வந்தால் பிற்கால மக்கள் நடுநிலையில் நின்று, அதை முதலில் கண்டுபிடித்த பெருமையை, ஓர் ஆங்கிலேயனுக்கு வழங்க மறுக்கமாட்டார்கள்.'

அவர் மறைந்த பின்பு, ஏறக்குறைய அவர் குறிப்பிட்ட நாளன்றே, அதாவது 1758ஆம் ஆண்டு கிறிஸ்துமஸ் தினத்தன்று அது வானில் காணப்பட்டது. பலநாள் வானவெளியில் பயணம் செய்து, 1759ஆம் ஆண்டு மார்ச்சு 12ஆம் நாள் அது கதிரவன் அண்மை நிலையில் 50° நீளமுள்ள வாலோடு காட்சியளித்து, பின்னர் சில நாள்களில் மறைந்தோடிவிட்டது. மறுபடியும், அதே 76 ஆண்டுக் காலவட்டத்தில் 1835ஆம் ஆண்டு நவம்பர் 15ஆம் நாள் கதிரவன் அண்மை நிலைக்கு வந்து மறைந்தது.

மறுபடியும் 75 ஆண்டுகள் கழித்து 1910ஆம் ஆண்டு அது தோன்றிற்று. அப்போது வைகறைவானில் அது ஒளிமிக்குக் காட்சியளித்தது. அப்போது அதன் வால் நீளம் 60°; அதன் ஒளித்தரம் 1 (m). மேமாதம் 19ஆம் நாள் அது மண்ணுலகத்திற்கும் கதிரவனுக்கும் இடையில் வந்து கதிரவனை இடைமறைத்துவிட்டு ஓடிவிட்டது. அடுத்தபடி இவ் வால்மீனை நாம் 1985ஆம் ஆண்டில் எதிர்பார்க்கலாம். முதன் முதலில் காலவட்டம் கணிக்கப்பட்டு, அதன்படி இயங்கும் வால் விண்மீன்களில் இது முதல் வால் விண்மீன் ஆகும். இது கிழக்கு மேற்காக வலஞ்சுழியாகச் சுற்றுகிறது.

2. 'என்கே'யின் (Encke) வால் விண்மீன்: 'என்கே' ஒரு ஜெர்மானிய விஞ்ஞானி. 'கௌஸ்' (Gauss) என்ற கணித மேதையின் மாணவர். 1818ஆம் ஆண்டு நவம்பர் 18ஆம் நாளன்று இவர் ஒரு தொலைநோக்கி வால் விண்மீனைக் கண்டார். தொலைநோக்கி வால் விண்மீன் (Telescopic comet) என்பது, ஊனக்கண்ணுக்குத் தெரியாத, ஆனால் தொலைநோக்கி வழியாக மட்டும் காணக்கூடிய ஒன்று. இதற்கு எதிர் ஊனக்கண்ணுக்குத் தெரியக்கூடிய வால்மீன் (Naked eye comet). இதுவே 1786-லும், 1795-லும், 1805-லும் பிறரால் கண்டு குறிப்பிடப்பட்ட வால் விண்மீன் என ஐயமுற்று, இதனைப் பற்றிய ஆராய்ச்சியில் கவனம் செலுத்தினர். இது 3½ ஆண்டுக் காலவட்டமுள்ள ஒரு வால்மீன் என அறிவித்து, அது மறுபடியும் 1822ஆம் ஆண்டு மே (May) 24ஆம் நாளில், கதிரவன் அண்மை நிலையைக் கடக்குமென முன்கூட்டியே அறிவித்தார். ஐரோப்பாவில் அப்போது அது தெரியாதெனவும் உறுதி கூறினர். அவர் முன்கூட்டிக் கூறிய 3 மணி நேர இடைவெளியில் 'பாரமட்டா' (Paramatta) வானியல் ஆராய்ச்சிக்கூடத்தில் தொலைநோக்கி வழியாக இவ்வால்மீன் காணப்

பட்டது. இந்நிகழ்ச்சிக்குப்பின் இவர் பெருமை வானியலறிஞர் உலகில் பெரிதும் வளர்ந்தது. இவ்விண்மீனின் பெருமை யாதெனின், 'ஹாலி' யின் வால்மீனுக்கு அடுத்தபடியாக இதுவே காலவட்டம் முன்கூட்டிக் குறிக்கப்பட்ட வால்மீனாகும். 'சிறு காலவட்டம்' பெற்ற வால்மீன் களில் முதலில் கண்டுபிடிக்கப்பட்ட வால்மீன் இதுவாகும்.

3. மோர்ஹெஸ் (Morehouse) வால் விண்மீன் : இது 1907ஆம் ஆண்டு தோன்றி மறைந்தது. 'ஹாலி' வால்மீனின் காலவட்டம் பெரிது—75 ஆண்டுகள். இங்கு 'ஹாலி', 'என்கே' வால் விண் மீன்களின் இயங்குவழிப் படம் கொடுக்கப்பட்டிருப்பதைக் காண்க (படம் 16-4).

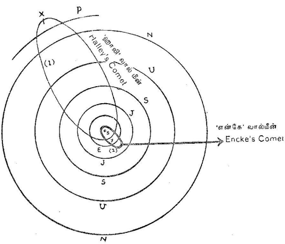
'ஹாலி' வால்மீனின் இயக்கப்பாதை, புளூட்டோவின் பாதைக்கு மப்பால், தனது கதிரவன் சேய்மை நிலை X பெற்றிருப்பதைக் காண்க; இது கதிரவனுக்கும் மண்ணுலகிற்கும் இடையில் தன் அண்மை நிலை Y பெற்றிருப்பதைக் காண்க.

1965ஆம் ஆண்டு தோன்றிய வால் விண்மீன் ஒன்றுபற்றியும் 1969-70ஆம் ஆண்டு தோன்றிய வால் விண்மீன் ஒன்றுபற்றியும் சில குறிப்புகள் பின்னர் இங்குக் கொடுக்கப்பட்டிருக்கின்றன.

(4) வால் விண்மீன் இகேயா-செகி (Ikeya-Seki, 1965 f): இவ் விண்மீன் 1965ஆம் ஆண்டு செப்டெம்பர் 18ஆம் தேதி காலையில் இரு ஜப்பானிய வானியல் காட்சியாளர்கள் திரு இகேயா, திரு செகி என்பவர்களால் கண்டுபிடிக்கப்பட்டது. இதன் ஒளித்தரம் 8; மையம் இறுகி உள்ளது; வாலொளியில்லை. அக்டோபர் மாத அளவில்தான் மக்கள் அதைக் காணக்கூடிய வாய்ப்பேற்பட்டது. கொடைக்கானல் வானூராய்ச்சி நிலையத்தில் அதன் நிழற்பட ஆய்வும் ஸ்பெக்ட்ராஸ்கோப் (ஒளி உடைப்பான்) ஆய்வும் அப்போது தொடங்கின.

அக்டோபர் 21ஆம் நாள், அது கதிரவனுக்கு அண்மை நிலையில் இருந்தது; தூரம் 300,000 மைல்கள்தான். எனவே, அது 'கதிரவன் நெருக்க' வால்மீனெனக் (Sun-grazing comet) கொள்ளப்பட்டது.

இதன் அண்மைநிலைத் தூரம் மிகச்சிறியதாக இருந்தபடியால், இது எழிலும் வனப்பும் மிக்கதோர் வான்பொருளாகக் காட்சியளித்தது. ஒரு வால் விண்மீன் கதிரவனை நெருங்க நெருங்க, அதன் சுறுசுறுப்பும் அதன் உள்ளாற்றலும் மிகுவது இயல்பாகும்; அதுவும் சிறப்பாக அவ்வால்மீன், கதிரவன் ஒளிர்மகுட மண்டலத்தில் செல்லுமளவுக்கு நெருக்கம் பெறுமானால், சுறுசுறுப்பு அதிகமாகும். இவ் வால்மீன் கதிரவன் ஒளிர்மகுட மண்டலத்திலே நுழைந்து சென்றது. அந்தச் சூழ்நிலையில் இவ்வால்மீனின் விண்வெளிப் பயணத்தின்போது நடத்திய



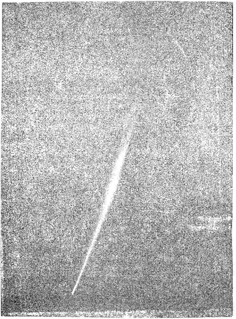
படம் 16-4.

S - கதிரவன்
E - மண்ணுலக இயக்கப்பாதை
J - வியாழன் ,,
S - சனி ,,
U - உரேனஸ் ,,
N - நெப்டியூன் ,,
P - புளூட்டோ ,,

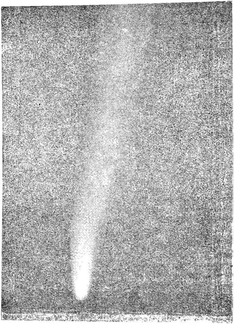
(1) 'ஹாலி' வால்மீனின் இயக்கப்பாதை;

(2) 'என்கே' வால்மீனின் இயக்கப்பாதை.

வானியல் ஆராய்ச்சியின் பயனாக, கதிரவன் புறமண்டல நிலையைப் பற்றிய சில புதுச் செய்திகளும், அவ்வால்மீனின் உட்பொருள் அமைப்பு பற்றிய சில செய்திகளும் பெறப்பட்டன.



IV [16·4 (4)]
வால் விண்மீன் - இகேயா - செகி (Ikeya Seki,1965 f)
கொடைக்கானல் வானாராய்ச்சி நிலைய நிழற்படம்.
[30—10—1965 : கொடைக்கானல் வானாராய்ச்சி நிலையத்தின் நன்கொடை



V [16·4 (5)]
பென்னட் வால் விண்மீன்
கொடைக்கானல் வானூராய்ச்சி நிலைய நிழற்படம்
[29—3—1970 : கொடைக்கானல் வானூராய்ச்சி நிலைய நன்கொடை]

1965ஆம் ஆண்டு அக்டோபர் 30ஆம் நாள் கொடைக்கானல் வானாராய்ச்சி நிலையத்தில் எடுக்கப்பட்ட இவ் வால் விண்மீனின் நிழற் படம் பக்கம் 90-ல் கொடுக்கப்பட்டிருப்பதைக் காண்க.

(5) பென்னட் வால் விண்மீன் : இவ்வால் விண்மீன், 1969ஆம் ஆண்டு டிசெம்பர் மாதம், தென்னுப்பிரிக்காவில் பிரிடோரியாவைச் (Pretoria) சேர்ந்த J. C. பென்னட் என்ற வானியல் அறிஞரால் கண்டுபிடிக்கப்பட்டது. இது நேர்முகமாக (அதாவது ஊனக்கண்ணுல்) காணக்கூடியதொரு வால்மீன். (தொலைநோக்கி தேவையில்லை யென்பதே இதன் பொருள்.) இவ் வால்மீன், மிகவும் தெற்கிலே தள்ளி யிருந்தபடியால், மண்ணுலகத்தில் முதலில் தென்பாதியில்தான் இது 1969 டிசெம்பர் முதல் 1970 முதற்பாதி மார்ச்சு வரையில் காட்சிக் கெட்டியது. அதற்குப் பின்புதான் மார்ச்சு பின்பகுதியில் அது மண்ணுலக வடபகுதியில் காட்சியளித்தது. தமிழ்நாட்டுப் பகுதியில், வைகறைப்பொழுதில் கதிரவன் உதயமாக ஏறக்குறைய $1\frac{1}{2}$ மணிக்கு முன்பாகக் கிழக்குவானில், அது காட்சிக்கெட்டியது.

1970-ஆம் ஆண்டு மார்ச்சு 20ஆம் தேதி அது கதிரவன் அண்மை நிலையெய்தியது. அப்போது அதன் தூரம் 0·537 வானியல் அலகு. (ஏறக்குறைய 50×10^6 மைல்கள்.) அதன் வால் 4° அளவு நீளம். இப்போது நாமறிந்தவரையில் அதன் இயங்கு பாதை ஒரு பரவளையம். எனவே, இது மறுபடியும் திரும்பி வராதெனக் கூறலாம்; ஆனுல், திட்டமாக அன்று.

அதன் அண்மை நிலையில், ஏறக்குறைய ஒரு மாதம் இதைப் பற்றிய ஆராய்ச்சி, கொடைக்கானல் வானாராய்ச்சி நிலையத்தில் நடை பெற்றது. இவ்வாராய்ச்சி நிலையத்தில் மார்ச்சு 29ஆம் தேதி எடுத்த இதன் நிழற்படம் பக்கம் 91-ல் கொடுக்கப்பட்டிருப்பதைக் காண்க.

16-5. கோள்கள்-வால் விண்மீன்கள்-ஒற்றுமை வேற்றுமைகள்

கோள்கள்	வால்மீன்கள்
(1) கோள்கள் கதிரவன் குடும்பத்தைச் சேர்ந்தவை; எண்ணுக்கு அடங்கியவை.	(1) வால் மீன்கள், கதிரவன் குடும்பத்தைச் சேர்ந்தவை யென்றுலும், கதிரவனோடு அவ்வளவு நெருங்கிய தொடர்புடையனவல்ல. எண்ணுக்குக் கடங்காதவை.
(2) கெப்ளர் விதிகளுக்குட்பட்டு இயங்குபவை.	(2) கெப்ளர் விதிகளுக்குட்பட்டு இயங்கினும்

கோள்கள்	வால்மீன்கள்
(3) நீள்வட்ட இயங்கு பாதை பெற்றவை.	(3) நீள்வட்டப் பாதையேயன்றி, பரவளையப் பாதைகளிலும், அதிபரவளையப் பாதைகளிலும் இயங்கும் வால்மீன்கள் உண்டு.
(4) எல்லாம் ஒரே திசையில் இயங்குகின்றன.	(4) இரு திசைகளிலும் இயங்கலாம்.
(5) காலவட்டப்படி இயங்குவழி அமைகிறது.	(5) சில, காலவட்டமுடையவை; சிலவற்றின் காலவட்டமே கணிக்கமுடியாது அவை இயங்குகின்றன; சில மறைந்தும் விடுகின்றன.
(6) பாதையைவிட்டு இதுவரை தடுமாறிப் போனதாகத் தெரியவில்லை.	(6) தன்னிச்சையாகத் தோன்றிக் கண்ட கண்ட இயங்கு பாதைகளில் செல்கின்றன.
(7) இயங்குவழிகள் யாவும் ஒரே தளத்தில் அமைந்தவை.	(7) பாதைகள் ஒரே தளத்தில் அமைந்தனவாகத் தெரியவில்லை.
(8) ஏறக்குறைய கோள வடிவமுடையவை.	(8) கதிரவனுக்கு வெகுதூரம் இருக்கும்போது கோள வடிவம் பெற்று, கதிரவனுக்கு அண்மை நிலையில் வரும்போது தலை, மையக்கரு, நீண்டவால் என்ற பகுதிகளுடைய உருவமாகத் தோற்றமளிக்கின்றன.
(9) 'அலைக் கொள்கை'ப்படி (Tidal Wave Theory), ஒரு விண்மீனும் கதிரவனும் சில இலட்சம் கி.மீ. அண்மையில் வந்தபோது கதிரவனில் பொங்கி எழுந்த வாயுப் பொருள்கள் கீழே சிந்தி, சுருங்கி, உலர்ந்து கோள்களாக மாறி, தாயாகிய கதிரவனைச் சுற்றிக்கொண்டே இருக்கின்றன.	(9) கதிரவனுக்கு அப்பாற்பட்ட வானவெளியிலிருந்தும் உருவாகி, கதிரவன் மண்டலத்தில் புகுந்து, சில கோள்களோடு சார்பு பெற்று, காலவட்ட மீன்களாகச் சில மாறுகின்றன. சில காலவட்டம் காணமுடியாத மீன்களாக மாறியும் சில மறைந்தும் போய்விடுகின்றன. இயங்கு பாதையிலேயே உருமாறிப் போய் வெடித்து மறைந்துவிடுகின்றன.
(10) கோள்களின் அடர்த்தியில் வேறுபாடுகள் உண்டு.	(10) மிக இலேசானவை.

16-6. வால் விண்மீன் - மண்ணுலக மோதல்

ஒரு வால் விண்மீனும் மண்ணுலகமும் தங்கள் பாதைகளில் செல்லும்போது, மோதிக்கொள்ள சூழ்நிலைகள் உண்டா? அப்படி ஒன்றுக்கொன்று மோதிக்கொண்டால் என்னவாகும்? என்ற கேள்விகள் எழலாம்.

இம்மாதிரியான மோதல் $1\frac{1}{2}$ கோடி வருடங்களுக்கொருமுறை ஏற்படலாமெனக் கணிக்கப்பட்டிருக்கிறது. நமக்குத் தெரிந்தவரையில் அவ்விதமான ஒரு மோதல் மண்ணுலகத்திற்கும் ஒரு வால்மீனுக்கும் எப்போதாவது ஏற்பட்டாலும்கூட, வால்மீனின் இயற்கையமைப்பு மண்ணுலகத்திற்குப் பெரிய கேடு விளைவிக்காதெனவே கருத இடமிருக்கிறது. மோதல் ஏற்படும் இடத்தில் சிதறி விழும் கல், இரும்பு மழை, மண்ணுலகத்தில் ஒரு சிறிய பகுதியை மட்டுமே நாசம் செய்ய முடியுமானாலும், மண்ணுலகில் வாழ் உயிரினங்கள் அனைத்தையும் அழிக்கும் ஆற்றல் வால் விண்மீன் பெற்றிராது (அவ்வாற்றல் இப்போது உலக வல்லரசுகள் பாசறையில் சேமிக்கப்பட்டிருக்கும் அணு, நீரகக் குண்டுகளுக்கே சிறப்பாக உள்ளது).

ஆனாலும், ஒரு வால் விண்மீனின் வால் பகுதி மண்ணுலகத்தைக் குறுக்கிடுமானால், ஏதாவது நச்சு வாயுப்பொருள்கள் சில நிலப்பகுதிகளில் பரவலாக எறியப்பட்டு அவை கேடு விளைப்பினும் விளைக்கலாம். எனினும், வால் பகுதி வாயு அடர்த்தி மிகக்குறைவாக இருப்பதால், அவ்வித நச்சுத் தன்மை கேடு விளைக்கக்கூடிய அளவு இல்லையெனவே கூறலாம். 1861-ஆம் ஆண்டில், மண்ணுலகம் ஒரு வால் வழியாகச் சென்றது; 1910-ஆம் ஆண்டு 'ஹாலி' வால்மீனின் வால் வழியாக மண்ணுலகம் பாய்ந்து சென்றிருக்கலாம். ஆனால், இவையேதும் குறிப்பிடத்தக்க அளவு கேடு விளைவித்ததாகத் தெரியவில்லை. 1921-ஆம் ஆண்டு, நாம் முன் குறிப்பிட்ட 'என்கே' வால்மீனோடு, மண்ணுலகம் மோதியிருக்கலாம்; ஆனால், மண்ணுலகத்தோடு மோதக்கூடிய சூழ்நிலை ஏற்படுவதற்குச் சில நாள் முன்னரே, 'என்கே' வால்மீன் தனது கதிரவன் - அண்மை நிலையைக் கடந்து, ஆபத்து எல்லையைத் தாண்டி விட்டது.

வால் விண்மீன்கள்பற்றி ஒரு தனி நூலே எழுதுவதற்குரிய செய்திகள் உள்ளன.

16-7. எரிமீன்கள், வீழ்மீன்கள் (Meteors and Meteorites)

எரிமீன்கள், வீழ்மீன்கள் எனப்பட்ட வான்பொருள்கள், வால் விண்மீன்களோடு நெருங்கிய தொடர்புடையவை. இப்போது சில ஆண்டுகளுக்கு முன்புதான், எரி, வீழ்மீன்கள்பற்றிய தன்மைகள்

ஒருவாறு முடிவு செய்யப்பட்டன. சந்திரன் இல்லாத இரவுகளிலே இம்மீன்கள் காணப்படும்; சில இரவுகளில் அதிகமாகக் காணப்படும். பல எரிமீன்கள் சாதாரணமாக நாம் ஊனக்கண்ணுல் பார்க்கக்கூடிய விண்மீன்களளவில் ஒளி வீசுகின்றன; சில, வெள்ளி, வியாழன் அளவில் ஒளி வீசுகின்றன. தீப்பிழம்புகள் போல இவை பாய்ந்தோடி வந்து, வரும்போதே ஆவியாக மாறி, பெரிய சத்தத்துடன் வெடித்து விடுகின்றன; பாய்ந்து வரும் இத் தீப்பிழம்புகள், நூற்றுக்கணக்கான கி. மீட்டர்கள் நாம் காணும் வகையில் ஓடிவந்து மண்ணுலகத்திற்கு 8 முதல் 80 கிலோமீட்டர் வரைப்பட்ட உயரத்திலேயே மறைந்து விடுகின்றன. இவை வெடிக்கும்போது பல்வகைப்பட்ட பொருள்கள் அவ்வெரிமீன்களிலிருந்து பிய்த்தெரியப்படுகின்றன.

பல எரிமீன்களை நாம் பார்ப்பதில்லையாயினும், நாளுக்கு நாள் இலட்சக் கணக்கான எரிமீன்கள் வானவெளியில் வந்துகொண்டே யிருக்கின்றன. பெரும்பான்மை எரிமீன்கள் மண்ணுலக மண்டலத்திற்கு வருமுன்பே எரிந்துபோகின்றன. மண்ணுலகத்தில் வந்துவிழும் எரிமீன் துண்டுகள் ஆகாயக்கற்கள் (ærolites) அல்லது விண் கற்கள் (meteorites) எனப்படும். இவற்றில் கல், சுண்ணம்புக்கல், இரும்பு, மக்னீசியா (magnesia) முதலிய பொருள்கள் காணப்படுகின்றன. இவ் விண்கற்கள் ஒவ்வொன்றும் சில கிராம்கள் முதல் சில மெட்ரிக் டன் வரை கனமுள்ளவை.

16–8. எரிமீன் வீச்சுமுகம் (Meteor Radiant)

எரிமீன்கள் பாதைகளை வான கோளத்தின்மேல் இடங்குறித்தால், அவை இங்குமங்குமாகச் சிதறுண்டிராமல், ஒரு தனிச் சிறப்பான புள்ளி வழியாகச் செல்வதைப் பார்க்கலாம். இப்புள்ளிக்கு **எரிமீன் வீச்சுமுகம்** எனப் பெயர். இப்புள்ளியின் சிறப்பு மற்றொன்றுயாதெனின் மண்ணுலகில் எக்காட்சியாளன் பார்த்தபோதிலும் இதற்கு ஒரே வல ஏற்றமும் நடுவரை விலக்கமும் உண்டு. எனவே, இவ்வெரிமீன்கள் வெகுதூரத்திலிருந்து இணைகோடுகளிலே வருகின்றன வெனத் தெரிகிறது. இப்படிப்பட்ட ஒரே எரிமீன் வீச்சுமுகம் உள்ள எரிமீன்கள், ஓர் எரிமீன் கூட்டமெனவும் (Meteor Swarm), அக் கூட்டம் மண்ணுலக வளிமண்டலத்தில் வந்து, விண்மீன்கள் கற்கள் மழையொன்றைப் பொழிகிறது எனவும் கூறுவர். இப்படிக் கூட்டங்களாக வராமல், தனித்தனியாகவும் சில எரிமீன்கள் வரலாம்.

16–8·1. எரிமீன் கூட்டங்கள்: சிறப்பாக நான்கு அல்லது ஐந்து எரிமீன் கூட்டங்கள் வகைப்படுத்தப்பட்டிருக்கின்றன. அவை யாவன: (1) 'பெர்செயிட்'கள் அல்லது ஆகஸ்டு மாதக் கூட்டம், (2) 'லீரிட்'கள், (3) 'லியோனிட்'கள், (4) 'பைலிட்'கள் (Perseids

or the Agust Meteors, the Lyrids, the Leonids and the Andromedes or the Bielids).

(1) 'பெர்செயிட்'கள் : ஒவ்வோர் ஆண்டும், ஏறக்குறைய ஆகஸ்டு முதல் அல்லது இரண்டாவது வாரத்தில், மண்ணுலகப் பாதை, ஏதோ ஒரு காலத்தில் 'டட்டில்' என்ற வால் விண்மீன் (Tuttle's Comet) சென்ற பாதையைக் குறுக்கிட்டுச் செல்லுகிறது. அவ்வால் விண்மீனின் சிதைந்த பகுதிகள் இன்னும் அப்பாதையில் சுழன்று கொண்டேயிருக்கின்றன. எனவே, அந்த மாரியில் (மழையில்) உலகம் செல்வதால், அப்போது ஒரு விண் கல்மாரி மண்ணுலகின்மேல் பொழிகின்றது. இம்மாரி ஏறக்குறைய ஒரு மாதம் நிகழ்கிறது. ஆகஸ்டு 10, 11 தேதிகளில், இக்காட்சி பார்ப்பதற்கு எழில் மிகுந்திருக்கும். இவ்வெரிமீன் கூட்ட வீச்சுமுகம் பெர்ஸியஸ் விண்மீன் மண்டலத்தில் இருப்பதாகத் தெரிவதால், இவ்வெரிமீன் கூட்டம் 'பெர்செயிட்'கள் (Constellation of Perseids) எனப்படும்.

(2) 'லைரிட்'கள் : லைரா (Lyra) என்ற விண்மீன் மண்டலத்தில் வீச்சுமுகம் கொண்ட ஓர் எரிமீன் கூட்டம் ஒன்றுண்டு. ஏப்ரல் 20, 21ஆம் தேதிகளில் அதன் எழில்மிகு வீழ்ச்சி காணலாம்.

(3) 'லியோனிட்'கள் : இதன் வீச்சுமுகம் 'லியோ' (Leo) மண்டலத்தில் இருப்பதால் இவ்வெரிமீன் கூட்டத்திற்கு 'லியோனிட்'கள் எனப் பெயர். ஏறக்குறைய நவம்பர் 14ஆம் நாள், மண்ணுலகப் பாதை, ஏதோ ஒரு காலத்தில், 'டெம்பல்' என்ற ஒரு வால் விண்மீன் சென்ற பாதையைக் குறுக்கிட்டுச் செல்கிறது. அவ்வால் விண்மீனின் சிதைந்த பகுதிகள் இன்னும் அங்குச் சுழன்றுகொண்டிருப்பதால், அந்த மாரியின் வழியாகச் செல்லும் மண்ணுலகத்தின்மேல், விண்கற்கள் பொழியப்படுகின்றன. ஆனால் 33¼ ஆண்டுகளுக்கொரு முறை, அவ்வெரிமீன் கூட்டத்தின் நடுவிலேயே, மண்ணுலகப் பாதை அமைவதால், அந்தக் காலவட்டத்தில் நவம்பர் 14ஆம் தேதிகளில் அக் கல் மழை வெகு ஒளிமிகுந்து பொழிவதைக் காணலாம். 1866-67-ல் இந் நிகழ்ச்சி காணப்பட்டது.

(4) 'பைலிட்'கள் : இதன் வீச்சுமுகம் அண்ட்ரமீடா (Andromeda) விண்மீன் மண்டலத்தில் இருக்கிறது. இதன் மிகப் பெரிய தீப்பிழம்பு வீழ்ச்சி ஏறக்குறைய நவம்பர் 24ஆம் தேதி நிகழ்கிறது. 6¾ ஆண்டுகள் காலவட்டத்தில் இக்காட்சி மிக எழிலோடு தோற்றமளிக்கிறது. 'பைலா' என்ற சிதைந்த வால் விண்மீனின் சிதைந்த பகுதிகள் இவ் விண்கல் மழைக்குக் காரணம் எனக் கருதப்படுகிறது.

ஏதோ ஒரோர் காலத்தில் மிகப் பெரிய விண்கற்கள்—மலையளவில் பெரிய தீப்பிழம்புகளாகத் தோன்றி, வானவெளியில் பறந்துவந்து,

ஆகாயத்தில் வெடிக்கலாம். அவற்றினின்றும் சிதறிவிழும் கல், இரும்புத் துண்டுகள் பல சதுர கிலோமீட்டர் பரப்பில் விழக்கூடும். சென்ற 1,00,000 ஆண்டுகளில் ஏதோ மிகச் சில பெரிய எரிமீன்கள்தான் உலகத்தைத் தாக்கியதாகத் தெரிகிறது. அவற்றுள் ஒன்று அமெரிக்காவில் அரிஜோனு (Arijona) நாட்டில் ஒரு பெரிய பள்ளத்தை (crater) ஏற்படுத்தியதாகத் தெரிகிறது. இதன் அகலம் ஏறக்குறைய ஒரு கிலோமீட்டர், ஆழம் சில மீட்டர்கள். மற்றொன்று '10,000 ஆண்டுகளுக்கு முன்பு கனடா பகுதியில் ஒரு பெருங் குழியை உண்டாக்கியது. ஆனால், அப்படிப்பட்ட மோதல்கள் மிக மிகக் குறைவு.

பயிற்சி 16

1. பின்வருவன பற்றிக் குறிப்புகள் எழுதுக :
   (a) காலவட்ட வால் விண்மீன்கள் ;
   (b) 'ஹாலி' வால் விண்மீன் ;
   (c) எரிவீழ்மீன் வீச்சுமுகம் ;
   (d) வால் விண்மீன்களின் இயக்கப் பாதைகள் ;
   (e) கோள்களுக்கும் வால் விண்மீன்களுக்கும் உள்ள ஒற்றுமை வேற்றுமைகள்.

2. விண்மீன் கற்கள்மாரி, ஓராண்டுக் காலத்தில் குறிப்பிட்ட காலங்களில் பெய்வதற்குக் காரணம் என்ன ?

3. 'லியொனிட்' மாரி, $33\frac{1}{3}$ காலவட்டத்தில் பெய்வதற்குக் காரணம் என்ன ?

4. ஒரு வால் விண்மீனின் பகுதிகளைப்பற்றி ஒரு குறிப்பெழுதுக.

17. சந்திரன், கதிரவன் மறைப்புகள்
(Lunar and Solar Eclipses)

17–0. நாம் ஓராண்டுப் பஞ்சாங்கத்தைப் புரட்டிப் பார்த்தால், அதில் 'இந்த ஆண்டில் ஏற்படும் சந்திர, சூரிய கிரஹணங்கள்' என்ற ஒரு பகுதியிருப்பதைக் காண்கிறோம். அங்கு, குறிப்பிட்ட இந்த இந்தத் தேதிகளில் சூரிய கிரஹணங்களும், இந்த இந்தத் தேதிகளில் சந்திர கிரஹணங்களும் நிகழுமென்றும், அவை நிகழும் காலமும் (மணி நேரம்) முன்கூட்டியே கூறப்பட்டிருப்பதைக் காண்கிறோம். அந்த அந்தத் தேதிகளில், குறிப்பிட்ட சமயங்களில் அந்த கிரஹணங்கள் நிகழ்வதைக் காண்கிறோம். சில சூரிய கிரஹணங்கள் இந்தியாவில் தெரியாது எனவும், குறிப்பிட்ட இடங்களில்தான் தெரியுமெனவும் கூறப்பட்டிருக்கும். இவை யாவும் முன்கூட்டியே கணித்துக் கூறுவது வானியல் அறிஞர்களின் தலைசிறந்த ஆற்றலுக்கோர் எடுத்துக்காட்டு. வானியல் அறிவு இன்றைய நிலைக்கு வளர்வதற்குப் பல நூறு ஆண்டுகளுக்கு முன்னரே, மண்ணுலகில் பல பகுதியில் வாழ்ந்த மக்கள், கிரஹண நிகழ்ச்சிகளை முன்கூட்டிக் கூறும் அறிவு பெற்றிருந்தனர். கிரஹணங்களைப்பற்றி அவர்களின் 'ஜோசியங்கள்' பிழைத்ததில்லை.

இந்தப் பகுதியில் இவ்வாறான கிரஹணங்களைச் சந்திரன் மறைப்பு, கதிரவன் மறைப்பு என்று குறிப்பிடுவோம். சந்திரன் மறைப்பு, சில சமயங்களில் முழுச் சந்திரன் மறைப்பாகவும் (full lunar eclipse), சில சமயங்களில் ஒரு பகுதி மட்டுமே மறைப்புக்குள்ளாவதாகவும் (partial eclipse) ஏற்படும். கதிரவன் மறைப்புச் சில சமயங்களில் முழுக் கதிரவன் மறைப்பாகவும், சில சமயங்களில் ஒரு பகுதி மட்டுமே மறைப்பாகவுமிருக்கும்; இன்னும் சில சமயங்களில் நடுப்பகுதி மட்டுமே மறைப்புக்குள்ளாகும் (annular eclipse).

17–1. சந்திரன் மறைப்பு: சந்திரன் தனது பாதையில் பூமியைச் சுற்றி வரும்போது ஒரு சமயத்தில் கதிரவனுக்கும் சந்திரனுக்கு

மிடையே மண்ணுலகம் வந்தமையும். அப்போது கதிரவனொளி மண்ணுலகின் மேல் விழுந்து அதன் விளைவாக ஏற்படும் பூமியின் நிழல் சந்திரன் மீது விழும். அப்போது சந்திரனின் ஒரு பகுதியோ அல்லது முழுப் பகுதியோ ஒளியிழந்து தென்படும். அவ்வாறு நிழல் பட்டு ஒளியிழந்து தென்படுவதைச் சந்திரன் மறைப்பு என்று கூறு கின்றோம்.

கதிரவன் மறைப்பு : சந்திரன், தனது பாதையில் பூமியைச் சுற்றிவரும்போது, ஒரு சமயத்தில் கதிரவனுக்கும் மண்ணுலகிற்கும் இடையே வந்தமையும். அப்போது கதிரவனின் ஒரு பகுதியோ அல்லது முழுவதுமோ மண்ணுலகிலிருந்து பார்ப்பவனுக்குச் சந்திரனால் மறைக்கப்படும். அவ்வாறு மறைக்கப்படும்போது, மண்ணுலகில் சில பகுதிகளில் கதிரவனொளி தெரிவதில்லை. இந் நிகழ்ச்சியினைக் கதிரவன் மறைப்பு என்று கூறுகின்றோம்.

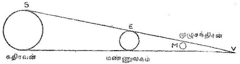
மேலே கூறப்பட்டதிலிருந்து, மண்ணுலகிலிருந்து பார்ப்பவனுக் குச் சந்திரன் நேரெதிர்த் திசை நிலையில் இருக்கும் சமயம் (பௌர்ணமி யன்று) சந்திரன் மறைப்பு ஏற்படும் என்றும், இணையல் நிலையில் இருக்கும்போது (அமாவாசையன்று) கதிரவன் மறைப்பு ஏற்படும் என்றும் பெறப்படுகிறது.

பௌர்ணமியன்று சந்திரன் மறைப்பு ஏற்படுவதற்கும், அமா வாசையன்று கதிரவன் மறைப்பு ஏற்படுவதற்கும் தகுந்த சூழ்நிலை இருக்கிறதென்று தெரிகிறது. ஆனால், ஒவ்வொரு பௌர்ணமியன்றும் சந்திரன் மறைப்பு நிகழ்வதில்லை; ஒவ்வோர் அமாவாசையன்றும் கதிரவன் மறைப்பு ஏற்படுவதில்லை—ஏன் ?

கதிரவன் பயணத்தளமும், சந்திரன் பயணத்தளமும் ஒருங்கி யிருக்குமானால், ஒவ்வொரு பௌர்ணமிக்கும் ஒரு சந்திரன் மறைப்பும், ஒவ்வோர் அமாவாசைக்கும் ஒரு கதிரவன் மறைப்பும் ஏற்படக்கூடும். ஆனால், சந்திரன் பாதைத் தளம், கதிரவன் பாதைத் தளத்திலிருந்து சராசரி 5°2′ சாய்ந்து இருப்பதால், ஒவ்வொரு திங்களிலும் கதிரவன் சந்திரன் மறைப்புகள் நிகழ்வதில்லை. அப்படியெனின், எப்போது இம் மறைப்புகள் நிகழக்கூடும் என்ற கேள்வி எழுகின்றது. சந்திரன் மறைப்புக்குப் பௌர்ணமி மட்டுமல்லாமல் மற்றோர் சூழ்நிலையும் தேவைப்படுகிறது. அவ்வாறே கதிரவன் மறைப்புக்கு, அமாவாசை மட்டுமல்லாமல் மற்றோர் சூழ்நிலையும் தேவைப்படுகிறது. அச் சூழ் நிலைகள் என்ன ?

17–1·1. சந்திரன் மறைப்புக்குரிய சூழ்நிலையைப் பார்ப்போம்: படம் 17–1·1 (i)-ல், கதிரவன் ஒளி, மண்ணுலகம் E-ன் மேல் படும் போது SEV என்ற நிழற்கூம்பு உருவாகிறது. முழுச் சந்திரன் (M)

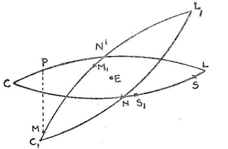
நிழற்கூம்பின் பகுதியான EV என்ற பகுதியில் சிக்கினால்தான், முழுச் சந்திரன் மறைந்து சந்திரன் மறைப்பு ஏற்படுகிறது. இந்தச் சூழ்நிலை ஒவ்வொரு பௌர்ணமியிலும் உருவாகிறதில்லை; காரணம், சந்திரன்



படம் 17-1·1 (i)

பாதை 5° அளவில் கதிரவன் பாதைக்குச் சாய்ந்திருப்பதே. (அச் சாய்வு இல்லையாயின், அதாவது சந்திரன் பாதையும் கதிரவன் பாதையும் ஒருங்குமாயின், ஒவ்வொரு பௌர்ணமிக்கும் ஒரு சந்திரன் மறைப்பு நிகழும்.) இதைச் சற்று விரிவாகப் பார்ப்போம்.

படம் 17-1·1 (ii)-ல் CL என்பது கதிரவன் பாதை; C_1L_1 சந்திரன் பாதை; N, N' என்பவை சந்திரன் பாதையின் கணுக்கள் (Moon's nodes).



படம் 17-1·1 (ii)

ஒரு பௌர்ணமியன்று, கதிரவனுக்கும், சந்திரனுக்கும் உள்ள நெட்டாங்கு வேறுபாடு 180° என நமக்குத் தெரியும். அன்று S-ல்

கதிரவனும் M-ல் சந்திரனும் இருப்பதாகக் கொள்க. $S\hat{L}P = 180°$ என்பது சரியாகும்.

S-ன் ஒளி மண்ணுலகம் E-ன் மேல் விழும்போது உருவாகும் நிழற்கூம்பில், M சிக்க முடியாது. எனவே, பௌர்ணமியாயினும், சந்திரன் மறைப்பு நிகழக்கூடிய சூழ்நிலை இல்லை.

மற்றும் ஒரு பௌர்ணமியன்று கதிரவன் S_1-லும் சந்திரன் M_1-லும் இருப்பதாகக் கொள்க. அப்போது நிழற்கூம்பில் M_1 சிக்கக்கூடிய சூழ்நிலை ஏற்படலாம்.

எனவே, பௌர்ணமியன்று சந்திரன் மறைப்பு ஏற்படத் தேவை யான மற்றொரு சூழ்நிலை என்னவென்பது இப்போது விளங்கும்.

N என்ற கணுவிற்கு வெகு தூரத்தில் S-ம், N' என்ற கணுவிற்கு வெகுதூரத்தில் M-ம் இருந்து பௌர்ணமி நிகழ்ந்தால் சந்திரன் மறைப்பு ஏற்பட இயலாது. ஆனால் N-க்கு மிக அண்மையில் கதிரவ னும், N'-க்கு மிக அண்மையில் சந்திரனும் இருந்து, பௌர்ணமி நிகழ்ந்தால் சந்திரன் மறைப்பு ஏற்படக்கூடிய சூழ்நிலை உருவாகலாம். (இந்த விதமான வசமான சூழ்நிலை ஒவ்வொரு பௌர்ணமிக்கும் உருவாவதில்லை.)

எனவே, பௌர்ணமியன்று, சந்திர கணுக்களுக்கு மிக அண்மை யில் கதிரவனும், சந்திரனும் இருக்குமானால் சந்திரன் மறைப்பு ஏற்படக் கூடும் என்ற முடிவு பெறப்படுகிறது. M_1-ல் சந்திரன் இருக்கும்போது, அதன் விண் அகலாங்கு மிகக் குறைவு என்பது தெளிவு.

எனவே, முதற்படியாகச் சந்திரன் மறைப்புக்குகந்த சூழ்நிலை யாதெனின்,

(i) பௌர்ணமியாக இருக்கவேண்டும்;

(ii) சந்திரன் அகலாங்கு மிகச் சிறியதாய் இருக்கவேண்டும்.

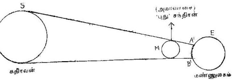
(அதாவது கதிரவனும் சந்திரனும் எதிர் எதிர்க் கணுக்களுக்கு மிக அண்மையில் இருக்க வேண்டும்.)

17–1·2. கதிரவன் மறைவுக்குரிய சூழ்நிலையைப் பார்ப்போம்: படம் 17–1·2 (i)-ல் முன் கூறியபடியே விண்பொருள்களைக் கொள்க.

அமாவாசையன்று சந்திரன், கதிரவனுக்கும் மண்ணுலகிற்கும் இடைப்பட்ட இணையல் நிலையில் உள்ளது. அப்போது கதிரவனொளி, சந்திரன் மேல் படுவதால் ஏற்படும் நிழற்கூம்பு, மண்ணுலகை $A'B'$ என்ற பகுதியில் வெட்டுகிறது. மண்ணுலகில் $A'B'$ என்ற பகுதியில் உள்ள மக்களுக்கு மட்டும், கதிரவனொளி, சந்திரனால் மறைக்கப்படுவ

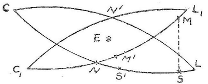
தால், அப்பகுதியில் உள்ளவர்கள் ஒரு கதிரவன் மறைப்பு நிகழ்ச்சியைக் காண்கின்றனர்.

இந்தச் சூழ்நிலை ஒவ்வோர் அமாவாசையன்றும் உருவாகிறதில்லையென்பது, முன் கூறப்பட்டபடியே விளக்கப்படும்.



படம் 17–1·2 (i)

படம் 17–1·2 (ii)-ல் CL கதிரவன் பாதை ; C_1L_1 சந்திரன் பாதை ; N, N' சந்திரன் கணுக்கள்.



படம் 17–1·2 (ii)

ஓர் அமாவாசையன்று, கதிரவனுக்கும் சந்திரனுக்கும் சமமான நெட்டாங்கு நிலை, அதாவது, இணையல் நிலையில் நெட்டாங்கு வேறுபாடு பூச்சியம் என நமக்குத் தெரியும்.

N-க்கோ அல்லது N'-க்கோ வெகு தூரத்தில் S-ம், M-ம் இருந்து அமாவாசையாகும்போது மண்ணுலகில் ஒரு பகுதியிலும் கதிரவன் ஒளி மறையாது, கதிரவன் மறைப்பு ஏற்பட இயலாது. ஆனால், ஒரு கணுவிற்கு மிக அண்மையில் S'-ம், M'-ம் இருந்து அமாவாசையானால், மண்ணுலகில் ஒரு பகுதிக்குக் கதிரவன் ஒளி மறைவு ஏற்படக்கூடிய சூழ்நிலை உருவாகலாம். (இந்த விதமான வசமான சூழ்நிலை ஒவ்வோர் அமாவாசைக்கும் உருவாகிறதில்லை.)

எனவே, அமாவாசையன்று ஏதாவதொரு கணுவிற்கு மிக அண்மையில் கதிரவனும் சந்திரனும் இருக்குமானல் கதிரவன் மறைப்பு ஏற்படக்கூடும்.

M'-ல் சந்திரன் இருக்கும்போது அதன் விண் அகலாங்கு மிகக் குறைவு.

எனவே, முதற்படியாகக் கதிரவன் மறைவுக்குகந்த சூழ்நிலை யாதெனின்,

(i) அமாவாசையாக இருக்க வேண்டும்; (ii) சந்திரன் அகலாங்கு மிகச் சிறியதாய் இருக்கவேண்டும். (அதாவது கதிரவனும் சந்திரனும் ஏதாவதொரு கணுவிற்கு மிக அண்மையில் இருக்கவேண்டும்.)

எனவே, சந்திரன் ஒரு சந்திரக் கணுவிலோ அல்லது போதுமான அளவு சந்திரக் கணுக்கருக்கு அருகிலோ இருக்கும்போது முழுமதியம் (பௌர்ணமி) ஆனல் சந்திரன் மறைப்பும், அமாவாசையானல் கதிரவன் மறைப்பும் ஏற்படும்.

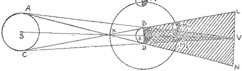
17-2. கதிரவனெளி காரணமாக ஏற்படும் பூமியின் நிழற்கூம்பு

படம் 17-2-ல் S, E இரண்டும் முறையே கதிரவன், மண்ணுலக மையங்களைக் குறிக்கட்டும். கதிரவன், மண்ணுலகு இரண்டிற்கும் வரையப்பட்ட நேர்ப்பொதுத் தொடுவரைகள் AB, CD இரண்டும் SE-ன் நீட்டல் V-ல் வெட்டட்டும். மேலும் அவ்விரு வான்பொருள் களுக்கு இடையே வரையப்பட்ட குறுக்குப் பொதுத் தொடுவரைகள் AD, BC இரண்டும் SE ஐ X-ல் வெட்டட்டும். இந் நான்கு தொடு வரைகளும் SEVஐ அச்சாகக்கொண்டு சுழலுமானல், Vஐ முனை யாகக் கொண்ட ஒரு கூம்பும், Xஐ முனையாகக்கொண்ட மற்றொரு கூம்பும் கிடைக்கும். Vஐ முனையாகக்கொண்ட கூம்புப் பகுதியான BVD-ல் கதிரவனின் ஒளிக்கதிர்கள் விழுவதில்லை. அப்பகுதி இருண்டு காணப்படும். அப் பகுதியினைக் கருநிழல் (umbra) என்று கூறுகின்றோம்.

மேலும் VBL, VDN பகுதிகளில் கதிரவனின் ஒளிக்கதிர்கள் முழுவதும் விழுவதில்லை. ஏதேனும் ஒரு பகுதியின் ஒளிக்கதிர்களே விழுகின்றன. எனவே, அப்பகுதிகள் இரண்டும் கருநிழல் போன்று முழுவதும் இருண்டோ, மற்றப் பகுதிகளைப்போல முழுவதும் பிரகாச மாகவோ இருப்பதில்லை. இப்பகுதிகள் இரண்டும் ஒளி குறைந்து காணப்படும். எனவே, இப்பகுதியினைக் குறைநிழல் அல்லது புறநிழல் (penumbra) என்று கூறுகின்றோம்.

சந்திரன் பாதை மண்ணுலகைச் சுற்றி வரும் $M_2\ M_1\ M$ என்ற வட்டமாகும். சந்திரன் M_2-ல் இருக்கும்போது முழுமதியம்

(பௌர்ணமி) ஆகும். ஆனால், சந்திரன் கருநிழலில் இருப்பதால் சந்திரன் முழுதும் கருமையாகிவிடும். எனவே, சந்திரன் மறைப்பைக் காணலாம். M_1-ல் சந்திரன் இருக்கும்போது அது குறைநிழல் அல்லது புறநிழலில் இருக்கின்றது. அப்போது சந்திரன்மீது பகுதி A-க்கு அருகில் உள்ள ஒளிக்கதிர்கள் விழும்; பகுதி C-க்கு அருகில் உள்ள ஒளிக்கதிர்கள் விழுவதில்லை. எனவே, சந்திரன் M_2-ல் இருப்பது போல் முழுதும் மறைந்தோ M-ல் இருப்பதுபோல் ஒளி பெற்றோ இருப்பதில்லை. M_1-ல் இருக்கும்போது ஒளி மங்கிக் காணப்படும்.

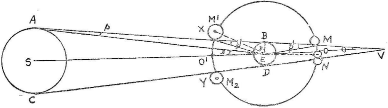


படம் 17–2

எப்படி இருப்பினும் சந்திரன் M_1-ல் இருக்கும்போது அதைச் சந்திரன் மறைப்பு என்று கூறுவதில்லை. சந்திரன் கருநிழலில் நுழையும்போது தான் சந்திர மறைப்பு ஆரம்பமாகிறது. கருநிழற் பகுதியில் சந்திரன் இருக்கும்வரையில் மறைப்பு நீடிக்கிறது; முழுவதும் சந்திரன் கருநிழற் பகுதியை விட்டு வெளியேறியபின் மறைப்பு முடிகிறது எனக் கூறப்படும்.

17–2·1. நிழற்கூம்பின் பாதி உச்சிக்கோணம் காணல்: படம் 17–2·1-ல் மண்ணுலக அரைவிட்டமானது சந்திரன் M-ல் தாங்கும் கோணம் BME என்பது சந்திரன் புவிமையத் தோற்றப்பிழை p'. அவ்வாறே மண்ணுலக அரைவிட்டமானது கதிரவனில் தாங்கும் கோணம் BAE கதிரவன் புவிமையத்தோற்றப் பிழை p. கதிரவனின் அரைவிட்டமானது மண்ணுலக மையம் E-ல் தாங்கும் கோணம் AES, கதிரவனின் கோண அரைவிட்டம் s. நிழற்கூம்பின் பாதி உச்சிக்கோணம் AVSஐ θ எனக் கொள்வோம்.

முக்கோணம் AEV-ல் $s-p=A\hat{V}S=$ நிழற்கூம்பின் பாதி உச்சிக் கோணம் θ. $\therefore\ \theta=s-p$. இங்கு θ-ன் மதிப்பு s, p-ன் மதிப்புகளின் சார்பாகப் பெறப்படுகிறது. s, p-இரண்டும் மாறிகள் ஆதலால் θ-ம் ஒருமாறியாகும். s, p-ன் சராசரி மதிப்புகள் முறையே $16'$-ம் $8''\cdot79$ ஆகும். எனவே, θ-ன் சராசரி மதிப்பு $16'-8''\cdot79=15'51''\cdot21$ ஆகும்; ஆரையன் அளவில் $15'\ 51''\cdot21=\frac{1}{216}$ தோராயமாக.



படம் 17-2·1

முக்கோணம் BVE-ல், $\sin\theta = \frac{BE}{EV}$. அதாவது தோராயமாக $\frac{1}{216} = \frac{BE}{EV}$. $BE = 3960$ மைல் (5736 கி.மீ.); எனவே, EV-ன் மதிப்பு தோராயமாக 8,55,000 மைல்கள் (13,68,000 கி.மீ.). மண்ணுலகிலிருந்து சந்திரனின் தூரம் தோராயமாக, 2,38,860 மைல்கள் (3,82,176 கி.மீ.). எனவே, தக்க சூழ்நிலையில் சந்திரன் எப்போதும் நிழற்கூம்பின் உச்சி Vஐத் தாண்டிக் கருநிழலில் சிக்காது தப்பிக்க முடியாது.

17-2·2. குறுக்குவெட்டுகள் MN, XY-புவிமையத்தில் தாங்கும் கோணங்கள் காணல் : $M\hat{E}N=2\alpha$ எனவும் $X\hat{E}Y=2\beta$ எனவும் கொள்க. MN, XY-ன் மையப்புள்ளிகள் O, O′ எனக் கொள்க. அப்போது $M\hat{E}O=\alpha$, $X\hat{E}O'=\beta$.

முக்கோணம் MEV-ல் $\alpha = p'-\theta$
$= p'-(s-p)$ [17-2·1-ன்படி] (1)
$= p'+p-s$
$= 57'+8''\cdot72-16'$ (சராசரி மதிப்புகள்)

எனவே α-ன் மதிப்புத் தோராயமாக 41′9″. (2)

அவ்வாறே

$\triangle XEV$-ல், $\beta = p'+\theta$
$= p'+(s-p)$ (3)
$= 57'-8''\cdot79+16'$ (சராசரி மதிப்புகள்).

எனவே β-ன் மதிப்புத் தோராயமாக 72′51″.

17–3. சந்திரன் மறைப்பு ஏற்படுவதற்கான நிபந்தனைகள்

சந்திரனின் ஒரு பகுதியோ அல்லது முழுவதுமோ கருநிழலுக்குள் சென்றவுடன், சென்றுள்ள அப்பகுதி முழுவதும் கருமைநிறம் பெற்று விடுகிறது. MN என்ற வெட்டுமுகத்தின் கோண அரைவிட்டம் (41′·15) சந்திரனின் கோண அரைவிட்டத்தைவிட (16′) மிகப் பெரிய தாக இருப்பதால் சந்திரன் முழுவதும் கருநிழலினுள் செல்ல வாய்ப்பு கள் இருக்கின்றன. எனவே, சந்திரன் முழுவதும் நுழைந்தபோது சந்திரன் முழு மறைப்பும், ஒரு பகுதி மட்டும் நுழையும்போது சந்திர பகுதி மறைப்பும் ஏற்படுகின்றன.

சந்திரன் Nஐத் தொடும்போது சந்திரன் மறைப்பு ஆரம்ப மாகிறது. அந் நிலையில் சந்திரனும் புள்ளி O-வும் சற்றேறக்குறைய ஒரே திசையில் இருக்கின்றன. எனவே, காட்சியாளனுக்குக் கதிரவனும் சந்திரனும் நேரெதிர்த்திசைகளில் இருக்கின்றன. எனவே, அன்று முழுமதியமாகின்றது. மேலும் SEV என்ற கோடும் கதிரவன் பாதைத் தளத்திலேயே உள்ளது. எனவே, சந்திரமையத்திலிருந்து அச்சு EV-க்கு உள்ள தூரம் சந்திரனின் அகலாங்கு ஆகும். சந்திரன் Nஐத் தொட்டுக்கொண்டிருக்கும்போது அதன் $\alpha+s'=41'9''+15'30''$
$= 56'\ 39''$

எனவே, சந்திர மறைப்பு ஏற்பட நிபந்தனைகள் :

(i) பௌர்ணமியாக இருக்க வேண்டும் ;

(ii) சந்திரனின் விண் அகலாங்கு $\alpha+s'$-க்குக் குறைந்து இருக்க வேண்டும்.

குறிப்பு : வளிமண்டலக் கலப்பின் விளைவாக MN என்ற வெட்டுமுக வட்டத்தின் விட்டம் 2 சதவிகிதம் விரிவடைகிறது என்ற அடிப்படையில் α-ன் மதிப்பாகிய $41'9''$ஐ 2 சதவிகிதம் மிகுதிப் படுத்திக் கையாளுவது மரபு. கையாளும் மதிப்பு

$$\alpha_0 = \frac{51}{50} \times 41'9'' = 41'\cdot 9 \text{ அல்லது } 41'54''$$

$$\text{எனவே } \alpha + s' \text{-க்குப் பதிலாக } \alpha_0 + s' = 41'\cdot 9 + 15'\cdot 5$$
$$= 57'\cdot 4$$
$$\text{(அல்லது)} = 57'24''$$

என்ற மதிப்பை ஏற்பது வழக்கிலுள்ளது.

ஆகவே, முன் கூறிய நிபந்தனைகளைச் சற்று மாற்றி, சந்திரன் மறைப்புக்குரிய நிபந்தனைகள் :

(i) பௌர்ணமியாயிருக்க வேண்டும் ;

(ii) சந்திரனின் விண் அகலாங்கு $(\alpha_0 + s')$-க்குக் குறைந்திருக்க வேண்டும்.

மேற்கூறிய நிபந்தனைகள் சந்திரன் மறைப்பு ஏற்படுவதற்கு மட்டுமே பொருந்தும்.

சந்திரன் மறைப்பு முழுதாகவும் இருக்கவேண்டுமாயின், சந்திரனின் அடிவரம்பு Nஐத் தொடவேண்டும். அதற்குரிய நிபந்தனையை எளிதில் பெறலாம்.

அப்போது சந்திரன் மையத்தின் அகலாங்கு $\alpha_0 - s'$-க்குக் குறைந்திருக்க வேண்டும். படம் 17-2·1-ல் பார்த்தால் அது தெரிய வரும். $\alpha_0 - s' = 41'\cdot 9 - 15'\cdot 5 = 26'\cdot 4$. எனவே, சந்திரன் மறைப்பு முழுவதும் ஏற்படவேண்டுமானால் இன்னும் அது பௌர்ணமியன்று கணுவிற்கு இன்னும் அண்மையிலிருந்து அதன் அகலாங்கு $26'\cdot 4$-க்குக் குறைந்திருக்க வேண்டும். எனவே, சந்திரனின் விண் அகலாங்கு $26'\cdot 4$-க்கு மேற்பட்டு $57'\cdot 4$-க்கு மேற்படாமல் இருந்தால், பகுதிச் சந்திரன் மறைப்பு (Partial Lunar Eclipse) மட்டுமே நிகழும்.

ஆனால், சந்திரன் மறைப்பு ஆரம்பிக்கும்போது, பகுதி பகுதியாகவே மறைப்பு ஏற்படும். முழு மறைப்பு முன்குறிப்பிட்ட நிபந்தனையில், பின்னர் ஏற்படலாம் ; அந்த நிபந்தனை நிறைவேற வில்லையாயின், சந்திரன் மறைப்பு, பகுதிச் சந்திரன் மறைப்பாகவே முடிந்துவிடும்.

இப்போது இதுவரை கண்ட முடிவுகளை எல்லாம் தொகுத்து மறுபடியும் கூறுவோம்.

சந்திரன் மறைப்புக்குரிய நிபந்தனைகள் :

(1) பௌர்ணமியாய் இருக்கவேண்டும் ;

(2) அப்பௌர்ணமி தினத்தன்று சந்திரனின் அகலாங்கு,

(a) $(\alpha_0 + s')$-க்கு மேற்படின் மறைப்பு ஏற்படாது ;

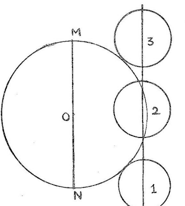
(b) $(\alpha_0 + s')$-க்குச் சமமாயிருப்பின், மறைப்பு ஆரம்பிக்கும் அல்லது மறைப்பு முடியும் ;

(c) $(\alpha_0 + s')$-க்குக் குறைந்தும், $(\alpha_0 - s')$-க்கு மேற்பட்டும் இருப்பின் பகுதிச் சந்திரன் மறைப்பு மட்டுமே ஏற்படும் ;

(d) $(\alpha_0 - s')$-க்குக் குறைந்திருப்பின் முழுச் சந்திரன் மறைப்பு ஏற்படும் ;

(e) $(\alpha_0 - s')$-க்குச் சமமாயிருப்பின் முழுச் சந்திரன் மறைப்பு ஆரம்பிக்கும் அல்லது முடியும்.

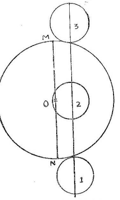
17-3·1. சந்திரன் குறை, முழு, மைய மறைப்புகள் (Partial, Total and Central Lunar Eclipses) : வெட்டுமுகம்



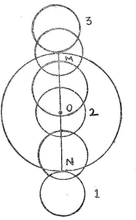
படம் 17-3·1 (i)

MN-ல் சந்திரன் பாதைக்கு இணையான ஒரு விட்டம் MN எனவும் அதன் மையம் O எனவும் கொள்க. படம் 17–3·1 (i)-ல் காட்டியபடி சந்திரன் வெட்டுமுகத்தின் கருநிழற் பகுதியில் ஓர் ஓரமாகச் சென்று கருநிழற் பகுதியைக் கடந்துவிட்டால் சந்திரன் குறை மறைப்பு மட்டுமே நிகழும்.

படம் 17–3·1 (ii)-ல் உள்ளபடி, MN என்ற விட்டத்திற்குப் போதுமான அளவு அருகில் சந்திரனின் முழுப் பகுதியும் கருநிழலில் புகுந்து வெளியேறுமாயின், இங்குச் சந்திரன் குறை மறைப்பில் ஆரம்பமாகி, சந்திரன் முழு மறைப்பு ஏற்பட்டுப் பின்னர் குறை மறைப்பில் முடிகிறது. ஆனால், இங்குச் சந்திரன் பாதை மையம் O வழியாகச் செல்லவில்லை என்பதைக் காண்க.



படம் 17–3·1 (ii)



படம் 17–3·1 (iii)

படம் 17–3·1 (iii)-ல் காட்டியுள்ளபடி சந்திரனின் பாதை, MNஉடன் ஒன்று சேருமானல் சந்திரன் கருநிழலினுள் செல்லும் போது ஒரு சமயத்தில் வெட்டுமுகத்தின் மையமும் சந்திரனின் மையமும் ஒன்ருக இணையும். இவ்வாறு ஏற்படும் மறைப்பினைச் சந்திர

மைய மறைப்பு என்று கூறுகின்றோம். இங்கும் மறைப்பு குறை மறைப்பில் ஆரம்பமாகிச் சந்திர முழு மறைப்பு ஏற்பட்டுப் பின்னர் குறை மறைப்பில் முடிகிறது.

மூன்று படங்களிலும் (1) என்ற நிலை சந்திரன் மறைப்பின் ஆரம்பத்தையும், (3) என்ற நிலை சந்திரன் மறைப்பின் முடிவையும் காட்டுகிறது; (2) என்ற நிலை சந்திரன் மறைப்பின் நடுப் பொழுதைக் குறிக்கிறது. எனவே, சந்திரன் மறைப்பு நீடிக்கும் நேரம் சந்திரன் (1)-லிருந்து (3)-க்குச் செல்ல எடுத்துக்கொள்ளும் காலம் ஆகும்.

இப் படங்களிலிருந்து சந்திரன் மறைப்பு மையமாக இருக்கும் போதுதான் மறைப்பின் நீடிப்பு மீப்பெருங்காலம் பெறுமெனத் தெரிகிறது. படம் 17–3·1 (iii)-ல் (1) என்ற நிலை சந்திரன் முழு மறைப்பு ஆரம்பமாவதையும், (3) சந்திரன் முழு மறைப்பு முடிவதையும் குறிக்கிறது. எனவே, அதற்கு இடைப்பட்ட காலத்தில் சந்திரன் முழு மறைப்பு இருக்கும் என்பது தெளிவு.

சந்திரன் நிலை (1)-லிருந்து நிலை (3)-க்குச் செல்லும் காலம் மொத்தமாகச் சந்திர மறைப்பு உள்ள காலமாகிறது. அக் காலம் மைய மறைப்பு ஏற்படும்போது மீப்பெரு மதிப்பைப் பெறுகிறது எனப் பார்க்கிறோம்.

புள்ளி O, கதிரவனுக்கு நேரெதிரே எப்போதும் இருப்பதால், கதிரவனுடைய வேகத்திலேயே புள்ளி O-வும் நகர்ந்துகொண்டிருக்கிறது. எனவே, புள்ளி O-ஐ நிலையாகக் கொண்டால் சந்திரனின் வேகம் மணிக்கு 30 கலைகளாகும். எனவே, சந்திரன் மறைப்புக் காலம் $\frac{2\times(\sigma_0+s')}{30}$ மணிகள் எனக் கணிக்கலாம்.

17–3·2. பின் கொடுக்கப்பட்டிருக்கும் பட்டியலிலுள்ள மதிப்புகள், சந்திரன், கதிரவன் மறைப்புக் காலங்களைக் கணிப்பதற்கும், அம் மறைப்புகளைப் பற்றிய மற்றும் பல விதிகளைப் பெறுவதற்கும் பயன்படும். (ஆனால் இம்மதிப்புகளை மனப்பாடம் செய்ய வேண்டுவதில்லை.)

குறியீடுகள் :

p — கதிரவனின் புவிமையத் தொடுவானப் பிழை

p' — சந்திரனின் புவிமையத் தொடுவானப் பிழை

s — கதிரவனின் கோண அரைவிட்டம்

s' — சந்திரனின் கோண அரைவிட்டம்

θ — மண்ணுலகத்தால் விளைவிக்கப்படும் நிழற்கூம்பின் பாதிக் கோணம்.

p, p', s, s' என்பவை மாறிலிகளல்ல; அண்மை, சேய்மை நிலைகளை யொட்டி அவை மாறுகின்றன. பெரும்பாலும், அவற்றின் சராசரி மதிப்புகளை நாம் பயன்படுத்துகிறோம்; p-ன் மதிப்பு மிகச்சிறிதாகையால், அதன் மதிப்பை எப்போதும் சராசரி மதிப்பாக ஏற்கலாம்.

	மீப்பெரு மதிப்பு	மீச்சிறு மதிப்பு	சராசரி மதிப்பு
கதிரவன் புவிமையப் பிழை-p			$8''\cdot79 = 0'\cdot15$
சந்திரன் புவிமையப் பிழை-p'	$61'\cdot5$	$52'\cdot5$	$57'$
கதிரவன் கோண அரைவிட்டம்-s	$16'\cdot3$	$15\cdot8'$	$16'$
சந்திரன் கோண அரைவிட்டம்-s'	$16'\cdot8$	$14'\cdot7$	$15'\cdot5$

17-3·3. சந்திரன் மறைப்புக் காலம் கணித்தல் (Calculation of the duration of a Lunar Eclipse): மறைப்புக் காலம் $\frac{2(\alpha_0+s')}{30}$ மணி நேரம் எனக் கொண்டு சந்திரன் மறைப்புக் காலத்தின் மீப்பெரு மதிப்பையும், சந்திரன் முழு மறைப்புக் காலத்தின் மீப்பெரு மதிப்பையும் கணிக்கலாம். மறைப்புக் காலம், $\frac{2(\alpha_0+s')}{30}$ மணிகள் எனக் கொண்டு, α_0, s' இரண்டிற்கும் உள்ள மீப்பெரு மதிப்புகளை ஈடுசெய்து முதலில் சந்திரன் மறைப்பின் மீப்பெருங் காலம் கணிப்போம்.

$$\alpha_0 = \frac{51}{50}[p'+p-s]$$

p', p-க்கு மீப்பெரு மதிப்பையும், s-க்கு மீச்சிறு மதிப்பையும் ஈடுசெய்க.

$$\therefore \text{ மீப்பெரு } \alpha_0 = \frac{51}{50}[61'\cdot5+0'\cdot15-15'\cdot8]$$

$$= \frac{51}{50}(45'\cdot85)$$

$$= 46'\cdot77$$

$$\text{மீப்பெரு } s' = 16'\cdot8$$

∴ மீப்பெரு சந்திரன் மறைப்புக் காலம்,

$$= \frac{2[46'\cdot77+16'\cdot8]}{30} \text{ மணிகள்}$$

$$= 2 \times \frac{63 \cdot 57}{30} \text{ மணிகள்}$$

$$= 4 \text{ மணி } 14 \text{ நி } 16 \cdot 8 \text{ வி.}$$

மீப்பெரு முழுச் சந்திரன் மறைப்புக் காலம்

$$\frac{2(\alpha_0 - s')}{30} = \frac{2[46' \cdot 77 - 14' \cdot 7]}{30} \text{ மணிகள்}$$

$$= \frac{2 \times 32 \cdot 07}{30} \text{ மணிகள்}$$

$$= 2 \text{ மணி } 8 \text{ நி } 16 \cdot 8 \text{ வி.}$$

குறிப்பு (i) : இன்னும் மிகச் சரியாகக் கணிக்க வேண்டுமாயின் சந்திரனின் சார்வேகம் மணிக்கு $\frac{360°}{29 \cdot 53} \times 24 = 30' \cdot 3$ எனக் கொண்டு கணிக்க வேண்டும்.

குறிப்பு (ii) : பௌர்ணமியன்று சந்திரன் மறைப்பு ஏற்படின் அது மண்ணுலகில் ஒரு பாதிப் பகுதி, அதாவது இரவு பெற்று முழுமதியம் தோன்றும், மண்ணுலகப் பாதிப் பகுதியில் தெரியும். ஆனால், மண்ணுலகமோ தன்னைத் தானே சுற்றிக்கொண்டிருப்பதால், சந்திரன் மறைப்பு மண்ணுலகில் பாதிக்கு மேற்பட்ட பகுதியில் தெரிய வாய்ப்புள்ளது (பாதிக்கு மேல் 0·07 முதல் 0·08 வரை).

17–4·1. படம் 17–2·1–ல் சந்திரன் மையம் தனது திங்கட் பாதையில் M_1 என்ற இடத்திற்கு வந்து XY என்ற பாதை வழியாகச் செல்லும்போது கதிரவனொளி சந்திரன் மேல் படுகிறது. அப்போது உருவாகும் நிழற்கூம்பின் கருநிழற்பகுதி மண்ணுலகில் ஒரு பகுதியைச் சந்திக்கும்போது [படம் 17-1·2 (i) காண்க] அப்பகுதியான $A'B'$-க்கு, கதிரவன் மறைக்கப்படுகிறது.

சந்திரன் மையம் M_1-ல் உள்ளபோது கதிரவன் மறைவு ஆரம்பமாகிறது; ஆரம்பித்து, மறுபடியும் சந்திர மையம் M_2-க்கு வந்து சேர்ந்தபிறகு, கதிரவன் ஒளி மண்ணுலகில் தெரிகிறது. எனவே, கதிரவன் மறைப்பு மண்ணுலகில் ஒரு பகுதியில் ஆரம்பமாகச் சந்திரன் மையத்தின் அகலாங்கு M_1O'-க்குச் சமமாக இருக்கவேண்டும்.

$$M_1O' = s' + X\hat{E}S$$

$$= s' + \beta$$

$$= s' + (p' - p + s) \quad [17\text{-}2\cdot2\ (3)\text{-ன்படி}]$$

ஆகவே, கதிரவன் மறைப்பு ஏற்படுவதற்குரிய நிபந்தனைகள் இரண்டு :

(i) அமாவாசையாயிருக்க வேண்டும்.

(ii) சந்திர மையத்தின் அகலாங்கு $(\beta+s')$ அல்லது $(p'-p+s)+s'$-க்குக் குறைந்திருக்க வேண்டும். சராசரி மதிப்புகளைக் கொண்டால்,

$$\begin{aligned}\beta+s' &= (p'-p+s)+s' \\ &= (57'-0'\cdot15+16')+15'\cdot5 \\ &= 88'\cdot35 \\ &= 1^\circ 28'\cdot35\end{aligned}$$

சந்திரன் மறைப்புக்குரிய $l \leq \alpha_0+s'$ என்ற நிபந்தனையைக் கதிரவன் மறைப்புக்குரிய $l \leq \beta+s'$ என்ற நிபந்தனேயோடு ஒப்பிட்டுப் பார்த்தால் $\alpha_0+s' < \beta+s'$ எனத் தெரிகிறது; ஏனெனில் $\alpha_0 < \beta$ என நாம் காணலாம். ஆகவே ஒரு குறிப்பிட்ட கால இடைவெளியில் சந்திரன் மறைப்பைவிட, கதிரவன் மறைப்பு அதிகமாக ஏற்படலாமெனக் கருத இடமிருக்கிறது; உண்மையும் அதுவேதான்.

மேலும், கதிரவன், சந்திரன் இரண்டின் கோண விட்டங்கள் மாறிகள் என நாமறிவோம். கதிரவன் விட்டம் $31'\cdot6$ முதல் $32'\cdot6$ வரையில், அது இருக்கும் தூரத்தையொட்டி, எம்மதிப்பையும் ஏற்கலாம். அவ்வாறே சந்திரன் விட்டம் $29'\,4$ முதல் $33'\cdot6$ வரையில் அது இருக்கும் தூரத்தையொட்டி, எம்மதிப்பையும் ஏற்கலாம். எப்போதாவது அமாவாசையன்று, கதிரவன் மறைப்புக்குரிய வாய்ப்புள்ளபோது, கதிரவன் விட்டம், சந்திரன் விட்டத்தைவிடச் சிறிதாக இருக்குமானுல், முழுக் கதிரவன் மறைப்பு ஏற்படும். எடுத்துக்காட்டாக,

$$\left.\begin{array}{l}\text{சந்திரன் விட்டம் } 33' \\ \text{கதிரவன் விட்டம் } 32'\end{array}\right\}$$

அப்போது சந்திரன் தட்டு, முழுக் கதிரவனேயும் மறைக்கமுடியும். அல்லாமல், கதிரவன் மறைப்புக்கு வாய்ப்பிருக்கும் சமயம், கதிரவன் விட்டம் சந்திரன் விட்டத்தைவிடப் பெரிதாக இருக்குமானுல், நடுக் கதிரவன் மட்டுமே மறைக்கப்பட்டுக் கதிரவன் நடுமறைப்பு ஏற்படும். எடுத்துக் காட்டாக,

$$\left.\begin{array}{l}\text{சந்திரன் விட்டம் } 30' \\ \text{கதிரவன் விட்டம் } 32'\end{array}\right\}$$

அப்போது கதிரவனின் நடுப்பகுதி மறைக்கப்பட்டு, கதிரவன் வட்டத்தில் $1'$ கோண அகலமுள்ள விளிம்பு வளையம் ஒளி வீசி நிற்கும். அப்போதுள்ள கதிரவன் மறைப்பு நடுமறைப்பு எனப்படும்.

இதுவரை நாம் பார்த்தவற்றைத் தொகுத்துக் கூறினுல், கதிரவன் மறைப்புகள் மூன்று விதங்களில் ஏற்படலாம்:

(i) பகுதிக் கதிரவன் மறைப்பு (பார்சுவ சூரிய கிரஹணம்)

(ii) முழுக் கதிரவன் மறைப்பு (பூர்ண சூரிய கிரஹணம்)

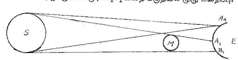
(iii) நடுக் கதிரவன் மறைப்பு (கங்கண சூரிய கிரஹணம்)

மேலும், கதிரவன் மறைப்புகளைப் பற்றிய உண்மைகள் :

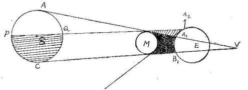
(1) சில பகுதிகளில் மட்டுமே மறைப்புக் காணப்படும் ; அப்போது சில பகுதிகளில் முழுக் கதிரவன் தெரியும்.

(2) சில பகுதிகளில் பகுதி மறைப்பாகவும், மற்றும் சில பகுதிகளில் முழு மறைப்பாகவும் காணப்படும் ; அப்போது மற்றப் பகுதிகளில் முழுக் கதிரவன் ஒளி வீசிக்கொண்டிருக்கும்.

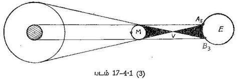
(3) நடுப்பகுதி மட்டுமே சில இடங்களில் மறைந்து காணப்படும் ; அப்போது மற்ற இடங்களில் முழுக் கதிரவன் ஒளி வீசிக்கொண்டிருக்கும். படம் 17-4·1 (1)-ல் A_4 என்ற பகுதியில் முழுக்கதிரவன் ஒளி வீசிக்கொண்டிருக்கும்போது, A_1B_1 என்ற பகுதியில் முழு மறைப்பு.



படம் 17-4·1 (1)



படம் 17-4·1 (2)



படம் 17-4·1 (3)

படம் 17–4·1 (2)-ல் A_2-ல் பகுதி மறைப்பு (மறைப்புப் பகுதி PCQ) காணப்படும்போது A_1B_1-ல் முழுமறைப்பு.

படம் 17–4·1 (3)-ல் A_3B_3 என்ற பகுதியில் நடுமறைப்பு.

17–4·2. கதிரவன் சந்திரன் மறைப்புகளின் ஒற்றுமை வேற்றுமைகள்

(1) மண்ணுலகைச் சந்திரன் கிழக்கிலிருந்து மேற்காகச் சுற்றி வருகிறது. எனவே, சந்திரனில் கிழக்குப் பகுதி கருநிழலில் முதலில் நுழைகிறது. எனவே, சந்திரன் மறைவில் முதலில் சந்திரனின் கிழக்குப் பகுதியில் மறைப்பு ஏற்படுகிறது.

வெட்டுமுகம் XY-ல் செல்லும்போதும் சந்திரனின் கிழக்குப் பகுதியே முதலில் நுழைகிறது. அதன் காரணமாகக் கதிரவனின் மேற்குப் பகுதி முதலில் மறைக்கப்படுகிறது. எனவே, கதிரவன் மறைப்பில் முதலில் கதிரவனின் மேற்குப் பகுதியில் மறைப்பு ஏற்படு கிறது.

(2) சந்திரன் மறைப்புகள் பகுதி மறைப்பு, முழு மறைப்பு என இருவகைப்படும். கதிரவன் மறைப்புகள் பகுதி மறைப்பு, முழுமறைப்பு, நடுமறைப்பு என மூன்றுவகைப்படும்.

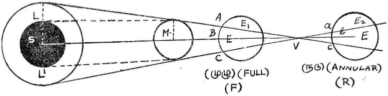
(3) சந்திரன் மறைப்பில் சந்திரன் கருநிழலில் நுழைவதால் சந்திரப் பகுதியே கருமைநிறம் பெற்று, அதனுல் மறைப்பு ஏற்படு கிறது. கதிரவன் மறைப்பில் கதிரவன், மண்ணுலகு இரண்டிற்கும் இடையே சந்திரன் வருவதால் கதிரவனின் தட்டானது சந்திரனுல் மறைக்கப்படுகிறது; கதிரவன் தன்னொளி இழப்பதில்லை.

(4) ஒரு குறிப்பிட்ட காலத்தில் ஏற்படும் கதிரவன் மறைப்புகள் சந்திரன் மறைப்புகளைவிட எண்ணிக்கையில் அதிகமாகும். ஏனெனில் வெட்டுமுகம் XY, வெட்டுமுகம் MN ஐ விடப் பெரியதாய் இருக்கிறது [$\alpha_0 + s' < \beta + s'$ என்பதையும் காண்க].

(5) ஒரு குறிப்பிட்ட இடத்தில் ஒரு குறிப்பிட்ட காலத்தில் ஏற்படும் கதிரவன் மறைப்புகளின் எண்ணிக்கை, சந்திரன் மறைப்புகளின் எண்ணிக்கையைவிடக் குறைவாகலாம். ஏனெனில் சந்திர மறைப்பு ஏற்படும்போது சந்திரன் கருமை நிறம் பெறுகிறது. அப்போது சந்திரனைப் பார்ப்பவர்கள் யாவரும் சந்திர மறைப்பைக் காண்பர். ஆனல், கதிரவன் மறைப்பு ஏற்படும்போது, கதிரவன் சந்திரனுல் மறைக்கப்படுகிறது. அப்போது கதிரவன் திசையில் உள்ள யாவருக்கும் சந்திரன் கதிரவனை மறைக்கவேண்டும் என்ற அவசியம் இல்லை. எனவே, அச்சமயத்தில் கதிரவனை நோக்கும் ஒரு பகுதியிலுள்ளோ ருக்கே கதிரவன் மறைப்புத் தெரிகிறது.

(6) சந்திரன் மறைப்பு ஓரிடத்தில் பகுதி மறைப்பானால் அதனை நோக்கும் யாவருக்கும் அது பகுதி மறைப்பாகவே காட்சியளிக்கும். முழு மறைப்பானால் அதனை நோக்கும் யாவருக்கும் முழு மறைப்பாகவே காட்சியளிக்கும். ஆனால், கதிரவன் மறைப்பு இடங்களுக்குத் தகுந்தாற்போல் பகுதி மறைப்பாகவோ, முழு மறைப்பாகவோ அல்லது நடு மறைப்பாகவோ காட்சியளிக்கும். அவ்வாறு காட்சியளிப்பது சந்திரனால் ஏற்படும் புற நிழல்படும் இடத்தையோ அல்லது கருநிழல்படும் இடத்தையோ பொறுத்ததாகும்.

17–4·3. கதிரவன் நடுமறைப்பு: கதிரவன் நடுமறைப்பு ஏற்படுவதற்குரிய காரணங்களைச் சற்று விரிவாகப் பார்ப்போம். படத்தில் (17–4·3) மண்ணுலகம் (R)-ல் இருக்கும்போது, abc என்ற பகுதிக்குக் கதிரவன்



படம் 17-4·3

நடுமறைப்பு காணப்படும். படத்தில் மண்ணுலகம் (F)-ல் இருக்கும்போது ABC என்ற பகுதிக்குக் கதிரவன் முழு மறைப்பு ஏற்படும். இந்த நிலைகள் எப்படி ஏற்படுகின்றனவெனப் பார்ப்போம். நிழற்கூம்பின் முனை V, மண்ணுலகத்திற்கு வலப்பக்கம் இருப்பின் முழு மறைப்பு ஏற்படும்; முனை V மண்ணுலகிற்கு இடப்பக்கம் இருப்பின், நடுமறைப்பு ஏற்படும் என்பது படம் 17-4·3-ன் வாயிலாகத் தெரிகிறது.

விளக்கம்: முறையே r, r'-கதிரவன், சந்திரனின் ஆரங்கள்; d, d'-கதிரவன், சந்திரன் தூரங்கள் (மண்ணுலகிலிருந்து); நிழற்கூம்பின் முனைக் கோணப் பாதி, $\theta = AVB$

$$= avb$$

$$\sin\theta = \frac{r}{VS} = \frac{r'}{VM} = \frac{r-r'}{SM} = \frac{r-r'}{d-d'} \qquad (1)$$

$$\therefore\ VM = \frac{r'}{\sin\theta} = r'\left[\frac{d-d'}{r-r'}\right] \qquad (2)$$

$r' = 1080$ மைல்கள்

$r = 4{,}32{,}000$ மைல்கள்

$\therefore\ r = 400\ r'$ (ஏறக்குறைய)

$$\therefore\ VM = r'\left[\frac{d-d'}{400\ r' - r'}\right]$$

$$= \frac{1}{399}(d-d') \qquad (3)$$

$d = 93\times10^6$ மைல்கள் எனவும், $d' = 2{,}40{,}000$ மைல்கள் எனவும் சராசரித் தூரங்களைக் கொண்டால், VM-ன் சராசரி மதிப்பு

$$= \frac{1}{399}\left[93\times10^6 - 24\times10^4\right] \text{ மைல்கள்.}$$

$$= \frac{10^4}{399}[9300-24]$$

$$= \frac{10^4\times92{\cdot}76}{399}$$

$= 2{,}32{,}500$ மைல்கள்.

ஆனால் d, d' இரண்டும் மாறிகள். d-ன் மீப்பெரு, மீச்சிறு மதிப்புகள் முறையே $93\times10^6\left(1\pm\frac{1}{60}\right)$ மைல்கள்; d'-ன் மீப்பெரு, மீச்சிறு மதிப்புகள் முறையே $24\times10^4\left(1\pm\frac{1}{19}\right)$.

எனவே, VM-ன் மீப்பெரு மதிப்பு

$$= \frac{1}{399}\left[93\times10^6\left(1+\frac{1}{60}\right) - 24+10^4\left(1-\frac{1}{19}\right)\right]$$

$= 2{,}28{,}563$ மைல்கள்.

EM-ன் மதிப்பு $24\times10^4\left(1\pm\frac{1}{19}\right)$ என்ற மதிப்புகளுக்கு இடைப்பட்டிருக்கும்; அதாவது 2,53,200 மைல்களுக்கும் 2,26,800 மைல்களுக்கும் இடைப்பட்டிருக்கும்.

எனவே,

EM (2,26,800 முதல் 2,53,200 மைல்கள்)

VM (2,28,563 முதல் 2,36,400 மைல்கள்)

ஆகவே, $EM < VM$ ஆகவும்,

$VM < EM$ ஆகவும், இருக்க முடியும்.

(1) இப்போது $EM < VM$ என்ற நிலையில்

$EM = 2{,}26{,}800$ மைல்கள் ;

$VM = 2{,}36{,}400$ மைல்கள் ;

(2) $VM < EM$ என்ற நிலையில்,

$EM = 2{,}53{,}200$ மைல்கள், $VM = 2{,}28{,}563$ மைல்கள்.

(1) $EM < VM$ ஆக இருப்பின், மண்ணுலக மையத்திற்கு அப்பால் V இருக்கும் ; (F) அந்த நிலையைக் குறிக்கும். அப்போது ABC என்ற பகுதியில் முழுக்கதிரவன் மறைப்பு ஏற்படும்.

(2) $VM < EM$ ஆக இருப்பின், V-க்கு அப்பால் மண்ணுலக மையம் இருக்கும் ; (R) அந்த நிலையைக் குறிக்கும். அப்போது abc என்ற பகுதியில் கதிரவன் நடுமறைப்பு ஏற்படும். படம் 17-4·3ஐப் பார்க்கவும். $EM < VM$ என்ற நிலையில், மண்ணுலக மையம் (F)-ல் E_1-ல் உள்ள தெனவும், $VE < EM$ என்ற நிலையில், மண்ணுலக மையம் படம் (R)-ல் E_2-ல் உள்ளதெனவும் கொள்க.

(i) $VE_1 = VM - E_1M = (2{,}36{,}400 - 2{,}26{,}800)$ மைல்கள்

$= 9{,}600$ மைல்கள்

$VB = VE_1 + E_1B$

$= (9{,}600 + 3{,}960)$ மைல்கள்

$= 13{,}560$ மைல்கள்

$\therefore$ வில் $AC = VB \times 2\theta$ (ஆரையன்களில்)

$$\sin\theta = \frac{r'}{VM} = \frac{1080}{2{,}36{,}400}$$

$= 0{\cdot}004567$ ஏறக்குறைய.

$\therefore$ ஆரையன் அலகில் θ-ன் மதிப்பு $= {\cdot}004567$ (தோராயமாக)

$\therefore$ வில் $AC = 13{,}560 \times {\cdot}009134$

$= 123{\cdot}9$ மைல்கள்

~ 124 மைல்கள்

மண்ணுலகின்மேல் இவ் வில்பகுதியில் முழுக் கதிரவன் மறைப்புத் தெரியும்.

$$\begin{aligned}
\text{(ii) } VE_2 &= E_2M - VM \\
&= (2{,}53{,}200 - 2{,}28{,}563) \text{ மைல்கள்} \\
&= 24{,}637 \text{ மைல்கள்.} \\
\therefore\ Vb &= VE_2 - bE_2 \\
&= 24{,}637 - 3{,}960 \\
&= 20{,}677 \text{ மைல்கள்.} \\
\therefore \text{ வில் } ac &= 20{,}677 \times 0{\cdot}009134 \\
&= 188{\cdot}86 \text{ மைல்கள்} \\
&\sim 189 \text{ மைல்கள்}
\end{aligned}$$

மண்ணுலகின்மேல் இவ் வில்பகுதியில் கதிரவன் நடுமறைப்புத் தெரியும்.

17–5. சந்திரன் மறைப்புக் கணுத் தூர எல்லைகள் (Lunar Ecliptic Limits)

முன் 17–1·2-ல் சந்திரன் மறைப்புக்குப் 'பௌர்ணமி' நிபந்தனையும், சந்திரன் ஒரு கணுவிற்கு அண்மையில் இருக்க வேண்டிய நிபந்தனையும் ஒருங்கே அமைய வேண்டுமென்று நிறுவினோம். 'அண்மையில்' இருக்க வேண்டுமானல், எந்த அளவிற்கு அண்மையில் இருக்க வேண்டுமென்பதைக் கணக்கிடலாம். அதையறிந்தால், கதிரவன் அப்போது எந்த அளவிற்கு ஒரு கணுவிலிருந்து அண்மையில் இருக்கும் என்பதும் தெரியவரும்.

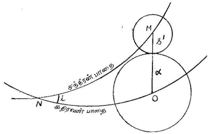
17–5·1. படம் 17–5·1-ல் NM சந்திரன் பாதையையும் NO கதிரவன் பாதையையும் குறிக்கட்டும். N ஒரு சந்திரக் கணு. O நிழற் கூம்பின் வெட்டுமுகத்தின் மையம். α வெட்டுமுகத்தின் அரைக் கோண விட்டம். சந்திரன் ஒரு நிலையில் வெட்டுமுக வட்டத்தைத் தொட்டுக்கொண்டிருக்கிறது. சந்திரனின் மையம் M. இந்நிலையில் $MO = l$ என்பது சந்திரனின் அகலாங்கினைக் குறிக்கிறது. $M\hat{N}O = i$ என்பது கதிரவன் பாதையுடன் சந்திரன் பாதைச் சரிவைக் குறிக்கிறது.

இந் நிலையில் சந்திர மறைப்பு ஏற்படும் என்பது தெளிவு. கோள முக்கோணம் NOM-ல்

$$\sin NO = \tan l \cot i \qquad (4)$$

இவ் வாய்பாட்டிலிருந்து NO-வின் மதிப்பினை அறியலாம். சந்திரன் தன் பாதையில் செல்லும்போது NO-ன் மதிப்பு இச்சமயத்திலுள்ளதைவிட அதிகமாக இருப்பின் சந்திரன் மறைப்பு ஏற்படாது என்பதும், அம் மதிப்பு இச் சமயத்திலுள்ளதைவிடக் குறைவாக இருப்பின் சந்திரன் மறைப்பு ஏற்படும் என்பதும் தெளிவு.

i, l இரண்டும் மாறிகளாகும். i-ன் மதிப்பு 4°58′·8-லிருந்து 5°18′·6 வரை மாறுபடுகிறது; l-ன் மதிப்பு, α, δ-ன் மதிப்புகளைப் பொறுத்துள்ளது. i-ன் மீப்பெரு மதிப்பையும் l-ன் மீச்சிறு மதிப்பையும் எடுத்துக்கொண்டு NO (x_1)-ன் மதிப்பைக் கணக்கிட அது NO-ன் மீச்சிறு மதிப்பாகும். அவ்வாறே i-ன் மீச்சிறு மதிப்பையும் l-ன் மீப்பெரு மதிப்பையும் எடுத்துக்கொண்டு $NO(x_2)$-ன் மதிப்பைக் கணக்கிட அது NO-ன் மீப்பெரு மதிப்பாகும்.



படம் 17–5·1

வெட்டுமுக மையம் O என்ற புள்ளியானது, N-லிருந்து x_1 என்று கணிக்கப்பட்ட தூரத்திற்குக் குறைவாக இருப்பின் சந்திரன் மறைப்பு கட்டாயம் ஏற்படும் என்பதும், x_2 என்று கணிக்கப்பட்ட தூரத்திற்கு அதிகமாக இருப்பின் சந்திர மறைப்பு கட்டாயம் ஏற்படாது என்பதும் உறுதியாகிறது. எனவே, x_1 என்பது சந்திர மறைப்பிற்குரிய மீச்சிறு மறைப்பு வரம்பு (minor ecliptic limit) என்றும் x_2 என்பது மீப்பெரு மறைப்பு வரம்பு (major ecliptic limit) என்றும் கூறப்படுகிறது.

O என்ற புள்ளி கதிரவனுக்கு நேரெதிரில் உள்ள புள்ளியாகும். எனவே, முழுமதிய தினத்தன்று கதிரவன் மற்றொரு கணுவிலிருந்து (அதாவது தனக்கு அண்மையிலுள்ள N' என்ற கணுவிலிருந்து) x_1 தூரத்திற்குக் குறைவாக இருப்பின் சந்திர மறைப்பு உறுதியாக ஏற்படும். மேலும், முழுமதிய தினத்தன்று கதிரவன் மற்றொரு கணுவிலிருந்து (அதாவது N' என்ற கணுவிலிருந்து) x_2 தூரத்திற்கு அதிகமாக இருப்பின் சந்திர மறைப்பு நிச்சயம் ஏற்படாது. ஆனால், கதிரவன் தனக்கு அண்மையிலுள்ள ஒரு கணுவிலிருந்து இவ்விரு

மதிப்புகளுக்கு இடையிலிருந்தால் சந்திரன் மறைப்பு ஏற்படுவது உறுதியன்று; ஏற்படினும் ஏற்படலாம், ஏற்படாது போயினும் போகலாம்.

இப்போது அக் கணுத் தூரத்தைக் கணிப்போம்.

$$\sin NO = \tan l \cot i$$

l-ன் மீப்பெரு மதிப்பு $= \frac{51}{50}[61'{\cdot}5 + 0'{\cdot}15 - 15{\cdot}8] + 16{\cdot}8$

$= 63'{\cdot}57$

l-ன் மீச்சிறு மதிப்பு $= \frac{51}{50}(52{\cdot}5 + 0{\cdot}15 - 16{\cdot}3) + 14{\cdot}7$

$= 51'{\cdot}78$

i-ன் மீப்பெரு மதிப்பு $= 5°\ 18'{\cdot}6$

i-ன் மீச்சிறு மதிப்பு $= 4°\ 58'{\cdot}8$

$\therefore$ x-ன் மீச்சிறு மதிப்பு $= \sin^{-1}(\tan l \cot i)$

$= \sin^{-1}(\tan 51'{\cdot}78 \times \cot 5°\ 18'{\cdot}6)$

$= \sin^{-1}[0{\cdot}0152 \times 10{\cdot}78]$

$= 9°\ 26' \sim 9°{\cdot}5$

x-ன் மீப்பெரு மதிப்பு $= \sin^{-1}[\tan 63'{\cdot}57 \times \cot 4°\ 58'{\cdot}8]$

$= \sin^{-1}[{\cdot}0187 \times 11{\cdot}43]$

$= 12°\ 20' \sim 12°{\cdot}3$

எனவே, பௌர்ணமியன்று, கதிரவன் தனக்கு அண்மையான கணுவிலிருந்து 9° 26′ அல்லது அதற்குக் குறைவான தூரத்தில் இருந்தால், சந்திரன் மறைப்பு உறுதி; 9° 26′-க்கும் 12° 20′-க்கும் இடைப்பட்டிருப்பின் மறைப்பு உறுதியன்று, ஆனால், ஏற்படினும் ஏற்படலாம்; ஏற்படாது போயினும் போகலாம். 12° 20′-க்கு மேற்படின் சந்திரன் மறைப்பு உறுதியாக ஏற்படாது.

17-5·2. கதிரவன் மறைப்புக் கணுத்தூர எல்லைகள் (Solar Ecliptic Limits): இவ்வாறே, கதிரவன் மறைப்புக்கு உரிய மேல், கீழ் வரம்பு எல்லைகளைக் கணக்கிடுவோம்.

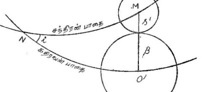
படம் 17–5·2-ல் NM சந்திரன் பாதையையும் NO' கதிரவன் பாதையையும் குறிக்கட்டும். N ஒரு சந்திரக் கணு. வெட்டுமுகம் XY-ன் மையம் O'. வெட்டுமுகத்தின் அரைக்கோண விட்டம் β. சந்திரன் ஒருநிலையில் வெட்டுமுகத்தைத் தொட்டுக்கொண்டிருப்பதைப் படம் காட்டுகிறது. சந்திரன் மையம் M. $O'M = L$ என்பது இச் சமயத்திலுள்ள சந்திரனின் அகலாங்கிலைக் குறிக்கிறது. $M\hat{N}O' = i$ என்பது கதிரவன் பாதையுடன் சந்திரன் பாதைச் சரிவைக் குறிக்கிறது.

இந்நிலையில் சந்திரனுல் கதிரவன் மறைக்கப்பட ஆரம்பிக்கும் என்றும் அதனுல் கதிரவன் மறைப்பு ஆரம்பமாகும் என்றும் முன் நிறுவியுள்ளோம்.

கோள முக்கோணம் NOM-ல்

$$\sin NO' = \tan L \quad \cot i \qquad (5)$$

இவ் வாய்பாட்டிலிருந்து NO'-ன் மதிப்பினை அறியலாம். சந்திரன் தன் பாதையில் செல்லும்போது NO'-ன் மதிப்பு இச்சமயத்திலுள்ளதை விட அதிகமாக இருப்பின் கதிரவன் மறைப்பு ஏற்படாதென்பதும்,



படம் 17–5·2

அம்மதிப்பு இச்சமயத்திலுள்ளதைவிடக் குறைவாக இருப்பின் கதிரவன் மறைப்பு ஏற்படும் என்பதும் உறுதி. L-ன் மதிப்பு β, s'-ன் மதிப்புகளைப் பொறுத்தது. அதாவது L-ன் மதிப்பு p, p', s, s'-ன் மதிப்புகளைப் பொறுத்தது. எனவே, i, L இரண்டும் மாறிகளாகும்.

i-ன் மீப்பெரு மதிப்பையும், L-ன் மீச்சிறு மதிப்பையும் எடுத்துக்கொண்டு NO' $(=Y_1)$ கணக்கிட அது NO'-ன் மீச்சிறு மதிப்பாகும். அவ்வாறே i-ன் மீச்சிறு மதிப்பையும் L-ன் மீப்பெரு மதிப்பையும் எடுத்துக்கொண்டு NO' (Y_2) கணக்கிட அது NO'-ன் மீப்பெரு மதிப்பாகும். Y_1, Y_2 மதிப்புகளிலிருந்து வெட்டுமுக மையத் தூரம் ஒரு கணுவிலிருந்து Y_1 என்ற தூரத்திற்குக் குறைவாக இருப்பின் கதிரவன் மறைப்புக் கட்டாயம் ஏற்படும் என்பதும், Y_2 தூரத்திற்கு அதிகமாய் இருப்பின் கதிரவன் மறைப்புக் கட்டாயம் ஏற்படாதென்பதும் உறுதியாகிறது. இடைப்பட்ட தூரங்களுக்கு உறுதியாக எதுவும்

சொல்ல முடியாது ; கதிரவன் மறைப்பு ஏற்படினும் ஏற்படலாம் ; ஏற்படாது போயினும் போகலாம். எனவே, கதிரவன் மறைப்பின் மீச்சிறு வரம்பு Y_1 எனவும் மீப்பெரு வரம்பு Y_2 எனவும் கூறப்படுகிறது.

O' என்ற புள்ளி கதிரவன் திசையிலேயே உள்ள புள்ளியாகும். எனவே, அமாவாசையன்று கதிரவன் தனக்கு அண்மையான கணுவிலிருந்து Y_1 தூரத்திற்குக் குறைவாக இருப்பின் கதிரவன் மறைப்பு உறுதியாக ஏற்படும் ; அமாவாசையன்று கதிரவன் தனக்கு அண்மையான கணுவிலிருந்து Y_2 தூரத்திற்கு அதிகமாய் இருப்பின் கதிரவன் மறைப்பு நிச்சயம் ஏற்படாது ; கதிரவன் தூரம் இவ்விரு மதிப்புகளுக்கு இடையில் இருந்தால் கதிரவன் மறைப்பு ஏற்படினும் ஏற்படலாம் ; ஏற்படாது போயினும் போகலாம்.

இம் மீப்பெரு, மீச்சிறு வரம்புகளை நாம் கணிக்கலாம். L-ன் மீச்சிறு மதிப்பு,

$$= [(s+p'-p)+s']\text{-ன் மீச்சிறு மதிப்பு},$$
$$= 15'{\cdot}8+52'{\cdot}5-0'{\cdot}15+14'{\cdot}7$$
$$= 1°\ 22'{\cdot}85$$

$$L\text{-ன் மீப்பெரு மதிப்பு} = [(s+p'-p)+s']\text{-ன் மீப்பெரு மதிப்பு}$$
$$= [16'{\cdot}3+61'{\cdot}5-0'{\cdot}15+16'{\cdot}8]$$
$$= 1°\ 34'{\cdot}45$$

i-ன் மீச்சிறு, மீப்பெரு மதிப்புகள் முறையே $4°\ 58'{\cdot}8$-ம் $5°\ 18'{\cdot}6$-ம் ஆகும்.

$$\text{எனவே, } Y\text{-ன் மீச்சிறு மதிப்பு} = \sin^{-1}[\tan 1°\ 22'{\cdot}85 \times \cot 5°\ 18'{\cdot}6]$$
$$= \sin^{-1}[0{\cdot}0242 \times 10{\cdot}78]$$
$$= 15°\ 29' \sim 15°\ {\cdot}5$$

$$Y\text{-ன் மீப்பெரு மதிப்பு} = \sin^{-1}[\tan 1°34'{\cdot}45 \times \cot 4°\ 58'{\cdot}8]$$
$$= \sin^{-1}(0{\cdot}0275 \times 11{\cdot}43)$$
$$= 18°\ 19' \sim 18°\ {\cdot}3$$

எனவே, அமாவாசையன்று கதிரவன் தனக்கு அண்மையான கணுவிலிருந்து 15° 29′ அல்லது அதற்குக் குறைவிலிருந்தால் கதிரவன் மறைப்பு உறுதி ; 15° 29′-க்கும் 18° 19′-க்கும் இடைப்பட்டிருப்பின் மறைப்பு உறுதியன்று ; ஆனால், ஏற்படினும் ஏற்படலாம் ; ஏற்படாது போயினும் போகலாம். 18° ·19′-க்கு மேற்படின், கதிரவன் மறைப்பு உறுதியாக ஏற்படாது.

குறிப்பு: வழக்கில் பின்வரும் பட்டியலிலுள்ள தோராய மதிப்புகளை மனத்தில் வைக்கலாம்.

மறைப்பு	மீச்சிறு கணுத் தூரம்	மீப்பெருங் கணுத் தூரம்
சந்திரன்	9°·5	12°·5
கதிரவன்	15°·5	18°·5

இவை 9°·5–ல் ஆரம்பித்து, பொதுவேறுபாடு 3° பெற்ற ஒரு கூட்டு வரைசை 9°·5, 12°·5, 15°·5, 18°·5 என கவனத்தில் இருத்தலாம்.

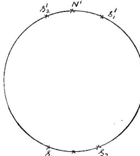
17–6. கதிரவன், சந்திரன் மறைப்புகளின் எண்ணிக்கை

கதிரவன் ஒரு கணுவைக் கடக்கும்போதோ, அல்லது ஓராண்டுக் காலத்திலோ எத்தனை மறைப்புகள் ஏற்படலாம் என்பதை நாம் கணிக்க முடியும். அவ்வெண்ணிக்கையைக் கணிப்பதற்குச் சில குறிப்புகள் நமக்குத் தேவைப்படும். அவற்றின் தொகுப்பினைப் பின்வரும் பட்டியலில் காண்க.

கதிரவன், சந்திரன் மறைப்புகள் கணிக்கத் தேவைப்படும் குறிப்புகள்

(1)	ஒரு திங்கட் காலம் (பௌர்ணமி முதல் அடுத்த பௌர்ணமி வரை)	29 5 நாள்கள்
(2)	6 திங்கட் காலம்	177 நாள்கள்
(3)	12 திங்கட் காலம்	354 நாள்கள்
(4)	கணுக்களின் கதிரவன்/ஞாயிற்று வழிக் காலவட்டம் (11·81 காண்க)	346·62 நாள்கள்
(5)	மேற்கூறியதில் பாதி	173·31 நாள்கள்
(6)	கணுக்களையொட்டி கதிரவன் சார்வேகம் (ஒரு திங்கட் போழ்துக்கு)	$\frac{29{\cdot}5 \times 360}{346{\cdot}62} = 30^\circ{\cdot}63$
(7)	மேற்கூறியது ஒருநாளுக்குத் தோராயமாக	1°

17-6·1. ஒரு கணுவிற்கு அருகில் ஏற்படும் மறைப்புகளின் மீச்சிறு எண்ணிக்கை (Minimum Number of Eclipses at a node)



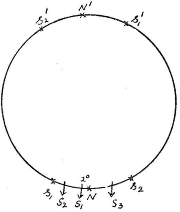
படம் 17-6·1

N, N' கதிரவன் பாதையின் இரு சந்திரக் கணுக்கள். அப்பாதையில் கதிரவன் மறைப்பின் மீச்சிறு மதிப்பான 15°·5 அளவுகொண்டு கதிரவன் பாதையில் s_1, s_2, s_1', s_2' என்ற புள்ளிகள் $s_1N = Ns_2 = s_1'N' = N's_2' = 15°·5$ இருக்குமாறு எடுத்துக்கொள்க. எனவே $s_1 s_2 = s_1' s_2' = 31°$ ஆகும். இத் தூரத்தைக் கதிரவன் கடந்து செல்லும் காலம் ஒரு திங்களுக்குச் சற்று அதிகமாகும். (கதிரவன் நாள்தோறும் தோராயமாக 1° நகர்கிறதெனக் கொள்ளலாம்.) எனவே இக்கால வரம்பில் ஓர் அமாவாசை ஏற்படுவது உறுதி. அந்த அமாவாசை தினத்தன்று (கதிரவன்) மீச்சிறு மறைப்பு வரம்புக்குள் கதிரவன் இருக்குமாதலால் அக்கணுவின் அண்மையில் ஒரு கதிரவன் மறைப்பு ஏற்படுவது உறுதி; அவ்வாறே மற்றக் கணுவின் அண்மையிலும் மற்றொரு கதிரவன் மறைப்பு ஏற்படுவது திண்ணம்.

சந்திரன் மறைப்பு மீச்சிறு வரம்பு 9°·5. எனவே, ஒரு கணுவை மையமாகக்கொண்டு 19° கடக்கும் காலம் ஒரு திங்களைவிட மிகக் குறைவானதாகும். இக்கால வரம்பில் ஒரு முழு மதியம் ஏற்பட வேண்டுமென்ற கட்டாயம் இல்லை. எனவே இவ்விடைவெளியில் ஒரு சந்திரன் மறைப்பு ஏற்படும் என்ற உறுதியில்லை. அவ்வாறே அடுத்த

கணுவின் அண்மையிலும் சந்திர மறைப்பு கட்டாயம் ஏற்படவேண்டும் என்ற உறுதியில்லை; எனவே, ஒரு கணுவிற்கு அருகில் கதிரவன் செல்லும்போது ஒரு கதிரவன் மறைப்பு கட்டாயம் ஏற்படும்; ஆனால், சந்திரன் மறைப்பு ஏற்படுவது உறுதியன்று. கதிரவன் ஓராண்டுக் காலத்தில் ஒரு முறையேனும் ஒவ்வொரு கணுவையும் கடந்து செல்லு மாதலால் ஒவ்வொன்றைக் கடக்கும்போதும் ஒரு கதிரவன் மறைப்பு வீதம் குறைந்தது இரு கதிரவன் மறைப்புகளேனும் கட்டாயம் ஓராண்டில் ஏற்பட வாய்ப்புகள் உண்டு.

17–6·2. ஒரு கணுவிற்கு அருகில் ஏற்படும் மறைப்புகளின் மீப்பெரு எண்ணிக்கை (Maximum Number of Eclipses at a node)



படம் 17-6·2

N, N' கதிரவன் பாதையில் இரு சந்திரக் கணுக்கள். அப்பாதையில் கதிரவன் மறைப்பின் மீப்பெரு மதிப்பான $18°\cdot5$ அளவு கொண்டு கதிரவன் பாதையில் s_1, s_2, s_1', s_2' என்ற புள்ளிகளை $s_1N = Ns_2 = s_1'N' = N's_2' = 18°\cdot5$ இருக்குமாறு எடுத்துக்கொள்க. அப்போது

$s_1s_2 = s_1's_2' = 37°$ ஆகும். ஒரு திங்களில் கதிரவன் கணுக்களை யொட்டிச் செல்லும் தூரம் $30° \frac{2}{3}$ என 17-6-ல் காண்க. எனவே, கதிரவன் s_1-லிருந்து s_2 செல்ல ஆகும் நேரம் ஒரு திங்களுக்குமேல் ஏறக்குறைய 6 நாள்களாகும். N என்ற கணுவை அடைவதற்கு 2 நாள்களுக்கு முன்னர் ஒரு முழுமதி தினம் எனக் கொள்வோம். அப்போது கதிரவன் S_1-ல் இருக்கும்; $S_1N = 2°$ ஆகும். அப்போது சந்திரன் மறைப்பு உறுதியாக ஏற்படும். ஏனெனில் அன்று கதிரவன் தனது அண்மைக் கணுவிற்கு 2° பின் தள்ளியிருக்கும். இம் முழுமதிய தினத்திற்கு முந்திய அமாவாசை தினத்தன்று (ஏறக்குறைய 15 நாள் களுக்கு முன்) கதிரவன் அக்கணு N-க்கு $15°{\cdot}3 + 2° = 17°{\cdot}2$ பின் தள்ளி யிருக்கும். அவ்விடம் S_2 எனின் $S_2N = 17°{\cdot}3$. இத் தூரம் கணுவி லிருந்து கதிரவன் மறைப்பில் மீப்பெரு மதிப்பிற்குக் குறைவாயிருப்ப தால் அன்று ஒரு கதிரவன் மறைப்பு ஏற்படலாம். ஏற்படுவதற்கு வாய்ப்புகள் உள்ளன. (ஆனால், உறுதியாகச் சொல்ல இயலாது.) இவ்வமாவாசைக்கு அடுத்த அமாவாசையில் கதிரவன் கணு N-க்கு $15°{\cdot}3 - 2° = 13°{\cdot}3$ முன் தள்ளி S_3-ல் இருக்கும். அதாவது $NS_3 = 13°{\cdot}3$. இத்தூரம் கணுவிலிருந்து கதிரவன் மறைப்பின் மீச்சிறு மதிப்பிற்குக் குறைவாய் இருப்பதனால் அன்று ஒரு கதிரவன் மறைப்பு திண்ணமாய் ஏற்படும்.

எனவே, கணு N-க்கு அருகில் ஒரு சந்திரன் மறைப்பும், இரு கதிரவன் மறைப்புகளும் ஏற்பட வாய்ப்புகள் உள்ளன. அதாவது ஒரு கணுவிற்கு அருகில் மூன்று மறைப்புகள் ஏற்படலாம். அவற்றுள், நடுவில் (2-வதாக) ஏற்படும் மறைப்பு சந்திர மறைப்பாகும்; மற் றிரண்டும் கதிரவன் மறைப்புகளாக இருக்கலாம்.

குறிப்பு (i) இங்கு, தகுந்த சூழ்நிலை உருவாகும்போது எத்தனை மறைப்புகள் ஏற்பட வாய்ப்புகள் உண்டென்பது மட்டுமே விளக்கப் பட்டது. எனவே, தகுந்த சூழ்நிலையில் மூன்று மறைப்புகள் ஏற்பட லாம். ஆனால், ஒரு கதிரவன் மறைப்பு உறுதி (17–6·1); அல்லது ஒரு கதிரவன் மறைப்பும் ஒரு சந்திரன் மறைப்பும் அல்லது இரு கதிரவன் மறைப்பும் ஒரு சந்திரன் மறைப்பும் ஏற்பட வாய்ப்புண்டு.

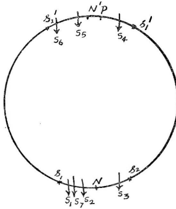
குறிப்பு (ii) கணு Nஐக் கதிரவன் கடக்கும்போது ஒரு முழு மதியம் ஏற்படுமானல் அதற்கு முன் அமாவாசையிலும் பின் அமாவாசை யிலும் ஒரோர் கதிரவன் மறைப்பு ஏற்படும். வாய்ப்பு மிக அதிகம். (ஓரளவு உறுதியாகவே அவை ஏற்படும் எனக் கூறலாம்.)

குறிப்பு (iii) கதிரவன் கணு Nஐக் கடப்பதற்கு 8 நாள்களுக்கு முன், ஒரு முழுமதியம் இருக்குமானல், அப்போது ஒரு சந்திரன் மறைப்பும் அதற்கு அடுத்த அமாவாசையில் ஒரு கதிரவன் மறைப்பும்

நிச்சயமாக விளையும். சந்திரன் மறைப்பிற்கு முன் அமாவாசையில் கதிரவன் மறைப்பு ஏற்பட முடியாது.

17–6·3. அடுத்தபடியாக ஓராண்டுக் காலத்தில் தக்க சூழ்நிலையில் எத்தனை மறைப்புகள் ஏற்பட வாய்ப்புகளுண்டு என்பதைப் பார்ப்போம்.

ஓராண்டுக் காலத்தில் நிகழக்கூடிய மறைப்புகளின் மீப்பெரு எண்ணிக்கை (Maximum Number of Eclipses in an year)



படம் 17–6·3 (i)

படம் 17–6·3 (i)-ல் N, N' கதிரவன் பாதையில் இரு கணுக்கள். அப்பாதையில் கதிரவன் மறைப்பின் மீப்பெரு மதிப்பான 18°·5 அளவு எடுத்து கதிரவன் பாதையில் s_1, s_2, s_1', s_2' என்ற புள்ளிகளை $s_1N = Ns_2 = s_1'N' = N's_2' = 18°·5$ இருக்குமாறு எடுத்துக்கொள்க. கதிரவன், கணு N-க்குச் செல்வதற்கு இரண்டு நாள்கள் முன்பு உள்ள நிலையை S_2 எனக் குறித்து அன்று மதியம் எனக்கொண்டால் அக்கணுவிற்கு அருகில் மூன்று மறைப்புகள் ஏற்பட வாய்ப்புகள் உண்டென

அறிந்தோம். எனவே, படத்தில் காட்டியபடி S_1, S_3 என்ற புள்ளிகளை $S_1 S_2 = S_2 S_3 = 15°{\cdot}3$ என்ற அளவில் இருக்குமாறு எடுத்துக்கொள்க. அப்போது N-க்கு அருகில், கதிரவன்

(1) S_1-ல் உள்ளபோது அமாவாசை; $NS_1 = 17{\cdot}3°$; கதிரவன் மறைப்பு ஏற்படலாம் (மேல் வரம்பிற்குள் உள்ளது);

(2) S_2-ல் உள்ளபோது முழுமதியம்; $NS_2 = 2°$; சந்திரன் மறைப்பு ஏற்படும் (கீழ் வரம்பிற்குள் உள்ளது);

(1) S_3-ல் உள்ளபோது அமாவாசை; $NS_3 = 13°{\cdot}3$. கதிரவன் மறைப்பு ஏற்படும் (கீழ் வரம்பிற்குள் உள்ளது.)

ஒரு கணுவிலிருந்து, கதிரவன் புறப்பட்டு, மறுபடியும் அக்கணுவை வந்தடைய எடுத்துக்கொள்ளும் காலம் 346·6 நாள்கள் என நமக்குத் தெரியும். எனவே, கணுக்கள் பின்னணியில் S_2-ல் உள்ள கதிரவன் N'-க்கு முந்தி 2° உள்ள P என்ற இடத்திற்கு வர 173 நாள்களாகும். மேலும் 2 நாள்களில், அதாவது 175 நாள்களில் கதிரவன் N'-க்கு வரும். இன்னும் 2 நாள்கள் கழிந்தால், அதாவது S_2-விருந்து 177 நாள்களில் 6 திங்கள்கள் முடிந்து முழுமதியம் நாள் வரும். எனவே $N'S_5 = 2°$ எனக்கொண்டால் S_5-ல் கதிரவன் வரும்போது முழுமதியம் ஆகும். அப்போது ஒரு சந்திரன் மறைப்பு ஏற்படும்.

S_5-க்கு முன்னும் பின்னும் அரைத்திங்கட் பொழுதுக்குரிய, அதாவது முன்னும் பின்னும் நிகழும் அமாவாசைகளுக்குரிய இடங்களை S_4, S_6 என இடங்குறிக்க. அப்போது $S_4 S_5 = S_5 S_6 = 15°{\cdot}3$ என்ற முறையில் அமையும். S_4, S_6-ல் கதிரவன் இருக்கும்போது அமாவாசை தினங்கள்.

அப்போது N'-க்கு அருகில் கதிரவன்

(1) S_4-ல் இருக்கும் போது அமாவாசை; $N'S_4 = 13°.3$; கதிரவன் மறைப்பு ஏற்படும் (கீழ் வரம்பிற்குள் உள்ளது);

(2) S_5-ல் இருக்கும் போது பௌர்ணமி; $N'S_5 = 2°$; சந்திரன் மறைப்பு ஏற்படும் (கீழ் வரம்பிற்குள் உள்ளது);

(3) S_6-ல் இருக்கும் போது அமாவாசை; $N'S_6 = 17°.3$; கதிரவன் மறைப்பு ஏற்படலாம் (மேல் வரம்பிற்குள் உள்ளது).

இந்த 6 மறைப்புகளுக்குப்பின் ஏற்படும் மறைப்பினை ஆராய்வோம். முதலாவதாக,

(i) ஆண்டு ஆரம்பத்தில் கதிரவன் மறைப்பு S_1-ல் ஏற்படுகிறதெனக் கொள்வோம்.

கதிரவன் S_1-ல் புறப்பட்டு, மீண்டும் கணுக்களை ஒட்டி அப்புள்ளியை வந்தடைய 346 நாள்களாகும். இவ்விடைவெளியில் S_1, S_3, S_4, S_6 என்ற நிலைகளில் கதிரவன் மறைப்புகளும், S_2, S_5 என்ற நிலைகளில் சந்திரன் மறைப்புகளும் ஏற்படும்/ஏற்படலாம். 12 திங்கட் காலம் 354 நாள்கள். எனவே, மீண்டும் கதிரவன் S_1ஐ அடைந்து 8 நாள்களுக்குப் பின்னர் அமாவாசை வரும். அன்று உள்ள நிலையை S_7 எனக் குறிப்பிடுவோம். இங்கு $S_7N = S_1N - S_1S_7 = 17°.3 - 8° = 9°{\cdot}3$ ஆகும். எனவே, S_7ல் ஒரு கதிரவன் மறைப்பு ஏற்படும். இவ்வமாவாசைக்கு அடுத்த மதியத்தில் கதிரவன் s_1 s_2-க்கு இடையில் இருந்த போதிலும் ஆண்டு முடிவடைந்து விடுமாதலால் அப்போது ஏற்படும் சந்திரன் மறைப்பை நாம் எடுத்துக் கொண்ட ஆண்டில் ஏற்படும் சந்திரன் மறைப்பெனக் கணக்கில் எடுத்துக் கொள்ளக் கூடாது. அம் மறைப்பு அடுத்த ஆண்டுக் கணக்கில்தான் சேரும். எனவே, நாம் எடுத்துக் கொள்ளும் ஆண்டு ஒரு கதிரவன் மறைப்போடு ஆரம்பித்தால் அவ் வாண்டில் ஐந்து கதிரவன் மறைப்புகளும் இரண்டு சந்திரன் மறைப்பு களும் ஏற்படலாம்.

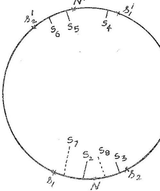
(ii) அப்படியல்லாமல் ஆண்டு ஆரம்பத்தில் சந்திரன் மறைப்பு S_2-ல் ஏற்படுகிறதெனக் கொள்வோம். படம் 17–6·3 (ii)-ல் காண்க. (அதாவது, முன் பகுதியில் S_1 என்ற நிலைக்குரிய கதிரவன் மறைப்பு அதற்கு முன்ஆண்டைச் சேர்ந்தது எனக் கணக்கில் சேரும். நாம் எடுத்துக்கொள்ளும் ஆண்டின் கணக்கில் சேராது.) முன்னர்க் கூறியது போலவே S_2, S_5 என்ற நிலைகளில் சந்திரன் மறைப்பும், S_3, S_4, S_6 என்ற நிலைகளில் கதிரவன் மறைப்புகளும் ஏற்படும். கதிரவன் S_2-லிருந்து புறப்பட்டு மீண்டும் கணுக்களையொட்டி அப் புள்ளியை வந்தடைய 346 நாள்களாகும். இவ் விடைவெளியில் 2 சந்திரன் மறைப்புகளும் 3 கதிரவன் மறைப்புகளும் நிகழக்கூடும் எனப் பார்த்தோம்.

12 திங்கட்காலம் 354 நாள்கள் என நமக்குத் தெரியும். எனவே, மீண்டும் கதிரவன் S_2ஐ அடைந்து 8 நாள்களுக்குப் பின்பு ஒரு முழு மதியம் ஏற்படும். அந்நிலையில் S_8 எனக் குறித்தால் $S_2S_8 = 8°$ எனவே, $NS_3 = 6°$ ஆகும். அன்று முழுமதியம் ஆனதால் ஒரு சந்திரன் மறைப்பு ஏற்படும். கதிரவன் S_8-ல் வருவதற்கு அரைத் திங்களுக்கு முன் ஓர் அமாவாசை இருந்திருக்கும். அந்நிலை S_7 ஆனால்,

$$S_8S_7 = 15°.3$$
$$S_8S_2 = 8°$$
$$\therefore \quad S_2S_7 = 7°{\cdot}3$$
$$\therefore \quad NS_7 = 9°{\cdot}3$$

எனவே, S_7 என்ற நிலையில் ஒரு கதிரவன் மறைப்பு நிகழ்ந்திருக்கும்.

ஆக, S_2-ல் ஆண்டு ஆரம்பத்தில், ஒரு சந்திரன் மறைப்பு ஏற்பட்டிருந்தால் மேலும் S_5, S_8 என்ற இரு நிலைகளிலும் சந்திரன் மறைப்புகளும், S_3, S_4, S_6, S_7 என்ற நான்கு நிலைகளில் கதிரவன் மறைப்புகளும் நிகழ்தற்குரிய வாய்ப்புகள் உண்டு.



படம் 17–6·3 (ii)

எனவே, அவ்வாண்டில் 3 சந்திரன் மறைப்புகளும் 4 கதிரவன் மறைப்புகளும் நிகழலாம். எனவே, ஆண்டு முதலில்

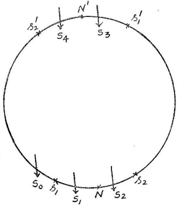
(1) S_2-ல் சந்திரன் மறைப்பு; மற்றும் இரண்டு சந்திரன் மறைப்புகள் S_5-லும் S_8-லும்; ஆகமொத்தம் 3 சந்திரன் மறைப்புகள்.

(2) $S_3 S_4$, S_6, S_7 என்ற நிலைகளில் 4 கதிரவன் மறைப்புகள்.

கதிரவன் S_8-லிருந்து அடுத்த அமாவாசைக்குப் போவதற்குமுன் ஆண்டு முடிந்து போயிருக்கும். ஆகவே, எடுத்துக் கொண்ட ஆண்டு, ஒரு கதிரவன் மறைப்பில் ஆரம்பமானல் அவ்வாண்டில் 5 கதிரவன் மறைப்புகளும் 2 சந்திரன் மறைப்புகளும் அல்லது அவ்வாண்டு சந்திரன் மறைப்பில் ஆரம்பமானல் 4 கதிரவன் மறைப்புகளும் 3 சந்திரன் மறைப்புகளும் ஏற்படலாம்.

குறிப்பு : முன் விளக்கப்பட்டது மிக வசதியான சூழ்நிலைக்குப் பொருந்துமேயொழிய, ஒவ்வோர் ஆண்டிற்கும் பொருந்தாது. அங்குப் பெற்ற 7 மறைப்புகள் (5 கதிரவன் 2 சந்திரன் அல்லது 4 கதிரவன் 3 சந்திரன்) மீப்பெரு எண்ணிக்கையைத்தான் தரும்; அதாவது ஓராண்டுக் காலத்தில் இவ்வாறான 7 மறைப்புகளுக்குமேல் நிகழமுடியா தென்பதை மட்டுமே இது வலியுறுத்தும்.

17–7 எ. கா. : ஓராண்டில் மார்ச்சு மாதம் முழுமதிய நாளில், கதிரவன் ஒரு கணுவிற்குப் பின்தள்ளி 9° தூரத்தில் இருந்தது. அந்த ஆண்டில், அதாவது டிசெம்பர் முடிய, எத்தனை கதிரவன், சந்திரன் மறைப்புகள் ஏற்படலாம்?



படம் 17–7

படம் 17–7-ல் N, N' என்பவை சந்திரன் பாதைக் கணுக்கள். $s_1N = 18°{\cdot}5 = Ns_2 = s_1'N' = N's_2'$ எனப் புள்ளிகளை இடங்குறித்துக் கொள்க.

$NS_1 = 9°$ எனக் கொள்க.

கணக்கில் கொடுத்தபடி, கதிரவன் S_1-ல் உள்ளபோது, ஒரு முழுமதிய நாள்; எனவே, அன்று ஒரு சந்திரன் மறைப்பு உறுதி. அடுத்த அமா

வாசையன்று, கதிரவனிடம் S_2 எனக்கொள்க. S_1S_2 $15°{\cdot}3$; எனவே, $NS_2=6°{\cdot}3$; அன்று அமாவாசையானதால் ஒரு கதிரவன் மறைப்பு உறுதி.

S_1 நிலைக்குரிய நாளுக்குமுன் 15 நாள்களுக்குமுன் ஓர் அமாவாசை வந்திருக்கும்; ஆனால், அப்போது கதிரவன் நிலை s_1-க்கும் பிந்தியே இருந்திருக்கும்.

ஏனெனில், அப்போது கதிரவன் நிலை S_0 எனக் கொண்டால் $S_1S_0=15°{\cdot}3$; எனவே, $NS_0=24°{\cdot}3>18{\cdot}5$; எனவே, மார்ச்சு மாதம் நிகழும் சந்திரன் மறைப்பே அவ்வாண்டில் முதல் மறைப்பாகும். S_1 நிலையிலிருந்து 6 திங்கள்கள் கழித்து, அதாவது 177 நாள்களுக்குப் பின்பு கதிரவன் நிலை படத்தில் காட்டியபடி S_3-ல் இருக்கும்; $S_3N'=5°$ ஏறத்தாழவிருக்கும். (ஏனெனில் கணுக்களையொட்டிக் கதிரவன் 173 நாள் களில் N'-க்கு முந்தி 9° உள்ள இடத்தில் இருக்கும்; மேலும், 4 நாள் களில் $N'S_3=5°$ படி S_3 என்ற நிலையில் இருக்கும்.) S_3 என்ற நிலையில் ஒரு முழு மதியம் நிகழும்; அப்போது ஒரு சந்திரன் மறைப்பு ஏற் படும். S_3 என்ற நிலைக்கு வருவதற்குமுன், அமாவாசையன்று கதிரவன் s_1'-க்கு முந்தியே இருக்குமாதலால், S_3-க்கு முந்தியே அமா வாசையில் ஒரு கதிரவன் மறைப்பு ஏற்பட வாய்ப்பே இல்லை.

S_3 என்ற நிலைக்குரிய பௌர்ணமிக்குப் பின் வரும் அமாவாசை யன்று கதிரவன் S_4 என்ற நிலையில் $S_3S_4=15°{\cdot}4$; எனவே, $NS_4=10°{\cdot}3$ இருக்கும். எனவே, அப்போது ஒரு கதிரவன் மறைப்பு இருக்கும். எனவே, இதுவரை S_1, S_3 என்ற நிலைகளில் சந்திரன் மறைப்புகளும், S_2, S_4 என்ற நிலைகளில் கதிரவன் மறைப்புகளும் இருக்கலாம்.

மார்ச்சு மாதம் முதல் தேதியே குறிப்பிட்ட பௌர்ணமி நிகழ்ந் திருந்தாலும் அவ்வாண்டின் டிசம்பர் முடிய 305 நாள்கள்தான் இருக்கும்.

ஆனால், கதிரவன் S_1-லிருந்து புறப்பட்டு மறுபடியும் S_1 வர 346 நாள்களாகும். அதற்கு 41 நாள்களுக்கு முந்தியே டிசம்பர் 31ஆம் தேதிவந்து விடும் ஆதலால், அவ்வாண்டில் 2 சந்திரன் மறைப்புகளும் 2 கதிரவன் மறைப்புகளும் நிகழ வாய்ப்புண்டு.

17-8. கால்டிய நாட்டவரின் காலவட்டம் 'சாராஸ்' (The Saros of the Chaldeans)

கதிரவன் ஒரு சந்திரன் கணுவிலிருந்து புறப்பட்டு மறுபடியும் அதே கணுவினையடைய எடுத்துக் கொள்ளும் காலம் 346·62 நாள்கள் என நாம் 11·81-ல் நிறுவினோம்.

ஒரு திங்களில் உள்ள நாள்கள் = 29·5306
19 கணுவழிக் காலவட்டங்கள் = 19 × 346·62
= 6585·78 நாள்கள்
223 திங்கட் காலவட்டங்கள் = 223 × 29·5306
= 6585·32 நாள்கள்.

எனவே 19 கணுவழிக் காலவட்டத்திலுள்ள நாள்களின் எண்ணிக்கை 223 திங்கட் காலவட்டத்திலுள்ள எண்ணிக்கைக்குத் தோராயமாகச் சமம்—6585 நாள்கள் எனக் கொள்ளலாம். வேறுபாடு மிகச் சிறிது = 0·46 நாள்கள் = 11 மணி 2·4 நிமிடம். எனவே, $6585\frac{1}{3}$ நாள்களுக்குச் சமமான 18 ஆண்டுகள் $10\frac{1}{3}$ நாள்கள் அல்லது 18 ஆண்டுகள் $11\frac{1}{3}$ நாள்களில்* சந்திரனின் கணுக்கள், கதிரவனையொட்டி 19 முறை முழுச் சுற்றுகள் சுற்றியிருக்கும். [அதே $6585\frac{1}{3}$ நாள்களில் சந்திரன் கதிரவனையொட்டி 223 முறை முழுச் சுற்றுகள் சுற்றியிருக்கும். வேறுபாடு 11 மணி 2·4 நிமிடம் தவிர்த்து.] எனவே, இந்தக் காலவட்டத்தில் கணுக்கள் பின்னணியில் மண்ணுலகையொட்டிக் கதிரவனும் சந்திரனும் திரும்பத் திரும்ப அதே இடங்களில் வந்தமையும். எனவே, 6585 நாள்களுக்குமுன் எத்தகைய (கதிரவன் அல்லது சந்திரன்) மறைப்பு ஏற்பட்டதோ அதே மறைப்பு அதே அளவில் 6585 நாள்களுக்குப்பின் அப்படியே மாற்றமில்லாது நிகழும். இவ்வாறாக ஒரு முறை 6585 நாள்களில் ஏற்படும் மறைப்புகளைக் கணக்கிட்டுத் தெரிந்து கொண்டபின் அதற்குப் பின்னுள்ள அல்லது முன்னுள்ள 6585 கொண்ட காலப் பிரிவுகளில் ஏற்படும் மறைப்புகள்பற்றி அதிலிருந்து கண்டுகொள்ளலாம். இதனை சால்டியா நாட்டு வானியல் அறிஞர்கள் முதன் முதலாகக் கண்டு பிடித்து அக் காலவட்டத்திற்கு சாராஸ் எனப் பெயரிட்டனர். (12·94—ஜூலியன் நாள் என்ற பகுதி காண்க.)

எனவே, இன்று ஒரு கதிரவன் மறைப்பு ஏற்படுமானால், 223 திங்கள்கள் கழித்து அமாவாசை வரும்; அன்று கதிரவன் மறைப்பு அதே அளவில் மறுபடியும் ஏற்படும். ஏனெனில் 19 கணுக்கால வட்டங்களுக்குப்பின் கதிரவன் கணுக்களையொட்டி, இன்று எந்த நிலையில் இருக்கிறதோ அதே நிலைக்கு வரும்; அமாவாசை ஆனதால் கதிரவன் மறைப்பு நிகழும். ஆனால், 223 திங்கள்கள் கழித்து ஏற்படும் கதிரவன் மறைப்புப் பாதை, இன்றைவிட 8 மணி நேரம் நெட்டாங்கில் மேற்கே

* 18 ஆண்டுகளில் 4 லீப் ஆண்டுகள் ஏற்படின்,
6585 நாள்கள் = 18 ஆண்டுகள் + 11 நாள்கள்
5 லீப் ஆண்டுகள் ஏற்படின்,
6585 நாள்கள் = 18 ஆண்டுகள் + 10 நாள்கள்.

தள்ளி இருக்கும். இம்மாறுதல் அந்த $\frac{1}{3}$ நாளைச் சரிக்கட்டியாக வேண்டிய காரணத்தால் ஏற்படுகிறது.

பொதுவாக ஒரு 'சாராஸ்' காலவட்டத்தில் 71 கதிரவன் மறைப்புகள் நிகழும்; அவற்றுள் நடு மறைப்புகளும் முழு மறைப்புகளும் சேர்த்து ஏறக்குறைய 45ஆக இருக்கும்.

கி. மு. 1207 முதல் கி. பி. 2107 வரை உள்ள கதிரவன் சந்திரன் மறைப்புகளை எண்ணிப் பார்த்தால் 20 கதிரவன் மறைப்புகளுக்குச் சராசரி 13 சந்திரன் மறைப்புகள் நிகழ்கின்றன.

'சாராஸ்' என்ற காலவட்டம் தவிர மற்றும் சில காலவட்டங்களும் உள்ளன.

(1) 6444 திங்கள்கள் = 1,90,295·109 நாள்கள்
= 521 ஆண்டுகள் + 3 அல்லது 4 நாள்கள்

(1) 22325 திங்கள்கள் = 6,59,270·38 நாள்கள்
= 1805 ஆண்டுகள் + சில நாள்கள்.

பயிற்சி 17

1. ஒவ்வோர் அமாவாசையன்றும் ஒரு கதிரவன் மறைப்பும், ஒவ்வொரு பௌர்ணமியன்றும் ஒரு சந்திரன் மறைப்பும் நிகழாதிருப்பதற்குக் காரணங்கள் யாவை?

2. சந்திரன் கணுக்களுக்கும், கதிரவன், சந்திரன் மறைப்புகளுக்கும் உள்ள தொடர்புகள் என்ன?

3. உண்மையாகவே கதிரவன் பாதையும் சந்திரன் பாதையும் ஒதுங்கிவிட்டால் கதிரவன், சந்திரன் மறைப்புகள் எப்படி மாறும்?

4. கதிரவன் பாதைக்கும், சந்திரன் பாதைக்கும் உள்ள சாய்வு மிக அதிகமாக 10° அல்லது 20° இருந்தால் கதிரவன் சந்திரன் மறைப்புகள் எப்படி பாதிக்கப்படும்?

5. சந்திரனுக்கு ஏன் (கதிரவனைப்போல்) நடு மறைப்பு ஏற்படுவதில்லை?

6. ஒரு குறிப்பிட்ட கால இடைவெளியில் சந்திரன் மறைப்புகளைவிடக் கதிரவன் மறைப்புகளின் எண்ணிக்கை அதிகம்; ஆனால், ஒரு குறிப்பிட்ட இடத்தில் கதிரவன் மறைப்புகளின் எண்ணிக்கை, சந்திரன் மறைப்புகளின் எண்ணிக்கையைவிடக் குறைவு. ஏன் எனக் காரணங்களுடன் விளக்குக.

7. சந்திரனின் தொடுவான மண்ணுலக மையப் பிழை 57′; கதிரவனது 9″. மண்ணுலகம் விளைவிக்கும் நிழற்கூம்பின் கோண விட்டத்தைக் கணக்கிடுக.

8. கதிரவன் வெப்பநிலைத் திருப்பு முனையில் உள்ளபோது முழுச் சந்திரன் மறைப்பு ஒன்று நிகழ்கிறது. அப்போது சரிபாதி மறையும் தறுவாயில் சந்திரன் வானுச்சியில் (Z) உள்ளது. காட்சியாளன் இருக்கும் இடத்தின் அகலாங்கினை அறிக. (கதிரவன் கீழுச்சிப் புள்ளியிலிருக்கும்; அதன் நடுவரை விலக்கம் 23° 30′; மறைப்பு மையம் நள்ளிரவு 12 மணி.)

9. கதிரவன், ஒரு கணு N-லிருக்கும்போது அமாவாசை; அந்தக் கணுவின் அண்மையில் எத்தனை மறைப்புகள் ஏற்படலாம்? அக் கணுவில் இருக்கும் தேதி ஜனவரி 10 என்றால் அவ்வாண்டில் எத்தனை மறைப்புகள் ஏற்படலாம்?

10. ஒரு திங்களில் ஒரு சந்திரன் மறைப்பும் ஒரு கதிரவன் மறைப்பும் மட்டும் ஏற்பட முடியுமா? அதற்குரிய நிபந்தனைகளை விளக்குக.

11. கதிரவன் ஒரு கணு N-லிருக்கும்போது பௌர்ணமி; அந்தக் கணுவின் அண்மையில் எத்தனை மறைப்புகள் ஏற்படலாம்? அப் பௌர்ணமி தேதி ஜூன் 15ஆம் நாள்; எஞ்சிய ஆண்டில் எத்தனை மறைப்புகள் ஏற்படலாம்? அந்த முழு ஆண்டில் எத்தனை மறைப்புகள் ஏற்படலாம்? ஜூன் 15ஆம் நாளுக்கு அடுத்த ஜூன் 15ஆம் நாள் முதல் எத்தனை மறைப்புகள் ஏற்படலாம்?

12. தோராயமாக ஒரு முழுக் கதிரவன் மறைப்பு நிகழக்கூடிய மீப்பெரு நேரம் எத்தனை மணிகள் இருக்கும் எனக் கணிக்க.

13. ஜனவரி 12ஆம் நாள் $7\frac{1}{2}$ மணிக்கு ஒரு சந்திரன் மறைப்பின் மையக்காலம்; அவ்வாண்டில் ஜூலை 11ஆம் நாள் ஏற்பட்ட சந்திரன் மறைப்பின் மையக்காலம் மாலை 8 மணி. ஒரு திங்கள் காலம் சராசரி எத்தனை நாள்கள்?

14. சந்திரனின்மேல் நிற்கும் ஒரு மனிதனுக்கு (i) ஒரு முழுக் கதிரவன் மறைப்பு மண்ணுலகில் ஏற்படும் போதும், (ii) ஒரு முழுச் சந்திரன் மறைப்பு மண்ணுலகில் ஏற்படும்போதும் என்ன காட்சிகள் கிடைக்குமென ஆராய்க.

15. ஒவ்வோர் ஆண்டிலும் குறைந்தது 2 கதிரவன் மறைப்புகள் மண்ணுலகில் ஏற்படும் என நிறுவுக.

16. 1970ஆம் ஆண்டு பிப்ரவரி மாதம் 21ஆம் தேதி ஒரு சந்திரன் மறைப்பு நிகழ்ந்தது. மார்ச்சு மாதம் 7ஆம் தேதி ஒரு கதிரவன் மறைப்பு நிகழ்ந்தது. அதற்குரிய காரணத்தை விளக்குக.

17. 1968ஆம் ஆண்டு செப்டெம்பர் 22ஆம் நாள் ஓர் அமாவாசை; அன்று கதிரவன் ஒரு கணுவிலிருந்து 9° பின்தள்ளியிருந்தது. அடுத்து அக்டோபர் 6ஆம் நாள் ஒரு சந்திரன் மறைப்பு ஏற்பட முடியுமா எனக் காண்க.

18. மார்ச்சு 15ஆம் நாள் முழு மதியம். அன்று கதிரவன் ஒரு கணுவிற்கு 8° பின்தள்ளியிருக்கிறது. அவ்வாண்டில் எத்தனை, எவ் வெவ்வகை மறைப்புகள் ஏற்படலாம் என்பதை ஆராய்க. (அ)

19. ஓர் அமாவாசையன்று பின்வரும் பதிவுகள் உள்ளன:

கதிரவன் புவிமையத் தோற்றப் பிழை	: 8″·7
சந்திரன் புவிமையத் தோற்றப் பிழை	: 1°1′20″·2
கதிரவன் கோண அரைவிட்டம்	: 15′48″·2
சந்திரன் கோண அரைவிட்டம்	: 16′42·0
சந்திரன் மையத்தில் அகலாங்கு	: 1°4′8″·0

அன்று ஒரு கதிரவன் மறைப்பு ஏற்பட வாய்ப்பு இருக்கிறதா? (செ.)

ஒரு பௌர்ணமியன்று அதே பதிவுகள் கிடைக்குமானால் அன்று ஒரு சந்திரன் மறைப்பு ஏற்பட வாய்ப்பு இருக்கிறதா?

20. கதிரவன், சந்திரன் இவற்றின் கோண அரைவிட்டங்கள் முறையே 15′34″; 16′1″ எனவும், அவற்றின் புவிமையத் தோற்றப் பிழைகள் முறையே 8″·8; 57′3″ எனவும் கொடுக்கப்பட்டுள்ளன. சந்திரன் மையம் மண்ணுலக நிழலைக் கடக்கும்போது, அந்நிழலின் கோணவிட்டம் காண்க.

அந் நிழற்கூம்பின் அச்சை ஒட்டிச் சந்திரன் மணிக்கு 30′·5 கோணவேகம் பெற்றிருக்கிறதென நிறுவுக. (செ.)

21. கதிரவன் ஒளி மண்ணுலகின்மேல் விழும்போது ஏற்படும் கருநிழற் கூம்பின் முனை அரைக்கோணம் θ; குறைநிழற் கூம்பின் முனை அரைக்கோணம் θ'; கதிரவனின் கோண அரைவிட்டம் s ஆனால், $2 \sin s = \sin \theta + \sin \theta'$ என நிறுவுக. இதிலிருந்து $\theta = s - p$ என்ற தோராயச் சமன்பாட்டை நிறுவுக.

22. பின் கொடுக்கப்பட்டிருக்கும் பதிவுகளைக் கொண்டு, கதிரவன், சந்திரன் மறைப்புகள் நேர என்ன ,கட்டுப்பாடுகள் தேவை எனக் காண்க; $p = 8''$; $p' = 57'$; $s = 16'$; $s' = 15'$ (இக்குறியீடுகளை மரபுப்படி கொள்க). (அ)

23. ஒரு கதிரவன் மறைப்பு மண்ணுலகின் ஓர் இடத்தில் முழுமறைப்பாகவும் மற்றோரிடத்தில் நடுமறைப்பாகவும் இருக்க முடியுமென நிறுவுக.

24. ஒரு லீப் ஆண்டில் ஜுன் 27ஆம் நாள் கதிரவன் ஒரு கணுவி னின்று 12° பின்தள்ளியிருந்தது. அந்த முழுப் பஞ்சாங்க ஆண்டில் எத்தனைக் கதிரவன் சந்திரன் மறைப்புகள் ஏற்பட்டிருக்கலாம்?

25. டிசம்பர் 22ஆம் தேதி ஓர் அமாவாசை தினம். அன்று கதிரவன் ஒரு கணுவிற்குப் பின்தள்ளி 3°23' தூரத்தில் இருந்தது. அந்தப் பஞ்சாங்க ஆண்டில் எத்தனை வகை மறைப்புகள் ஏற்பட்டிருக்கலாம்? அதற்கு அடுத்த பஞ்சாங்க ஆண்டில் எத்தனை எவ்வகை மறைப்புகள் ஏற்படலாம்?

பின் இணைப்பு

1970ஆம் ஆண்டிலுள்ள கதிரவன் சந்திரன் மறைப்புகள்: படம் பின்னர் கொடுக்கப்பட்டிருக்கிறது.

1. சந்திரன் பகுதி மறைப்பு: பௌர்ணமி 21–2–1970 (இந்தியாவில் தெரியாது). இடம் S_1 (படம் 17a).

2. முழுக் கதிரவன் மறைப்பு: அமாவாசை 7–3–1970 (இந்தியாவில் தெரியாது). இடம் S_2.

3. பகுதிச் சந்திரன் மறைப்பு: பௌர்ணமி 17–8–1970 (இந்தியாவில் தெரியாது). இடம் S_3.

4. கதிரவன் நடு மறைப்பு: அமாவாசை 31–8–1970 (இந்தியாவில் தெரியாது). இடம் S_4.

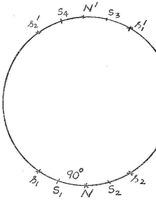
இந் நிகழ்ச்சிகள் பின்னர் விளக்கப்பட்டுள்ளன.

1. $S_1N = 9°$ எனக் கொள்வோம்; S_1-ல் கதிரவனிலிருந்து பௌர்ணமியாகையால் 21–2–1970 அன்று சந்திரன் மறைப்பு ஏற்பட்டது.

2. அரைத் திங்கள் கழித்து கதிரவனிடம் S_2 எனக் கொள்க. அப்போது $S_1S_2 = 15°{\cdot}3$; $NS_2 = 6°{\cdot}3$; அமாவாசை கதிரவன் மறைப்பு ஏற்பட்டது. 21–2–1970 ஓடு 14 நாள்கள் சேர்க்க 7–3–1970 அன்று அமாவாசை.

3. அரைக் கணுக் காலம் 173 நாள்கள் கழித்துக் கதிரவன் N'-க்கு முன் 9° இடத்தில் இருக்கும்; 6 திங்களுக்கு 177 நாள்கள் ஆதலால், மேலும் 4 நாள் கழித்துக் கதிரவன் S_3-ல் இருக்கிறதெனக் கொள்க. $S_3N' = 5°$; அப்போது பௌர்ணமி; சந்திரன் மறைப்பு ஏற்படும். (அதற்கு முன்னர் அமாவாசையில் கதிரவன் மறைவேற்பட வாய்ப் பில்லை.) 21–2–1970 ஓடு 177 நாள்கள் சேர்க்க 17–8–1970 என்ற நாளில் பௌர்ணமி அன்று சந்திரன் மறைப்பு.

4. 17–8–1970-க்குப் பின் அரைத் திங்களில் அமாவாசை வரும்; அதாவது 31–8–1970 அமாவாசை. அன்று கதிரவனிடம் S_4 எனக் கொள்க. $S_3S_4 = 15°{\cdot}3$; $S_3N' = 5°$.



படம் 17 (a)

$18°{\cdot}5 = s_1N = Ns_2 = s_1'N' = N's_2.$

∴ $N'S_4 = 10°{\cdot}3$ எனவே, கதிரவன் மறைவேற்படல் வாய்ப்புண்டு.

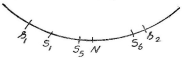
S_1 — 21–2–70 — பௌர்ணமி — சந்திரன் மறைப்பு ;
S_2 — 7–3–70 — அமாவாசை — கதிரவன் மறைப்பு ;
S_3 — 17–8–70 — பௌர்ணமி — சந்திரன் மறைப்பு ;
S_4 — 31–8–70 — அமாவாசை — கதிரவன் மறைப்பு.

இதற்குமேல், கதிரவன் மறுபடியும் S_1-க்கு வர 346 நாள்களாகும் ; அதற்குமேல் 8 நாள் கழித்து 12 திங்கள்கள் முடிவாகும் ; எனவே, 21–2–1970ஓடு 354 நாள் சேர்த்தால் அது 10–2–1971 ஆகும் ; அடுத்த ஆண்டில் வரும். அதற்குமுன் 14-வது நாளும் 1971-ல் தான் வரும். எனவே, 1970ஆம் ஆண்டில் மேற்கூறிய 4 மறைவுகள் மட்டுமே. அவற்றுள் இரண்டு சந்திரன் மறைப்பு ; இரண்டு கதிரவன் மறைப்பு.

ஆனால், மற்றக் காரணங்களால் இந் நான்கு மறைப்புகளும் இந்தியாவில் தெரியாது.

1971ஆம் ஆண்டில்,

10–2–1971 அன்று ஒரு பௌர்ணமி ஆகும். அன்று கதிரவன் S_5-ல் இருப்பதாகக் கொள்க. (படம் 17–b)



படம் 17 (b)

$S_1S_5=8°$; எனவே, $S_5N=1°$; ஆகவே, 10–2–1971 அன்று ஒரு சந்திரன் மறைப்பு (இந்தியாவில் தெரியாது).

அரைத் திங்கள் கழித்து, அதாவது 25–2–1971 அன்று அமாவாசை; கதிரவன் அன்று S_6 என்ற இடத்தில் இருந்தால் $S_5S_6=15°{\cdot}3$; $NS_6=14°{\cdot}3$ எனவே, S_6-ல் அதாவது 25–2–1971 அன்று ஒரு கதிரவன் மறைப்பு ஏற்படும் (இந்தியாவில் தெரியாது).

இதற்குமேல் இதே முறைப்படி, அடுத்த கணு N'-ன் அண்மையில் நிகழக்கூடிய கதிரவன் சந்திரன் மறைப்புகளை அறியலாம். பயிற்சி யாகக்கொண்டு பஞ்சாங்கம் பார்த்து, சரியாவென அறிந்து கொள்க.

17-A. இடை மறைவும் (Occultations) இடை ஓட்டமும் (Transits)

17-A. இடைமறைவு : சந்திரன், மண்ணுலகை வலம் வரும் மீன்வழிக் காலம் $27\frac{1}{3}$ நாள்களெனவும், விண்மீன்கள் பின்னணியில் அது கிழக்கு நோக்கி இயக்கம் பெற்றிருக்கிறதெனவும் நாம் அறிவோம்; இவ்வியக்கத்தில் சந்திரன் 'தனி' வேகம், மணிக்கு 30′-க்கு மேற்பட்டது.* இப்படி விண்மீன்கள் பின்னணியில் சந்திரன் வலம் வரும்போது, தொடர்ச்சியாக, அது மண்ணுலகத்திற்கும் விண்மீன்களுக்குமிடையே நகர்ந்து வருகிறது. அப்படி வரும்போது சந்திரன் ஓரொரு விண்மீனை நமது காட்சியினின்றும் இடைமறித்து மறைக்கிறது. இதுவே சந்திரனுல் விண்மீனுக்கு விளையும் **இடைமறைவு** எனப்படும். கொஞ்ச நேரத்திற்குப்பின் விண்மீன் காட்சிக்கு வந்துவிடும்.

இம் மறைவு, ஆரம்பிக்கும்போது, **நுழைதல் (immersion)** எனவும், காட்சிக்கு மறுபடியும் வரும்போது **வெளிவருதல் (emersion)** எனவும் பெயர்பெறும். இவ்விரு நிகழ்ச்சிகளும் கண் மூடித் திறப்பதற்குள் ஏற்படுகின்றன. இரண்டில் ஒரு சமயத்தை நுட்பமாகப் பதிவுசெய்தால், நமக்கு அவ் விண்மீனின் இடம் தெரியுமாயின், அப்போது, சந்திரன் இருக்குமிடத்தைக் குறிக்க முடியும். முன்னர், இந்த மறைவுகளின் உதவி கொண்டுதான், மண்ணுலகில் ஓர் இடத்தின் நெட்டாங்கு கணிக்கப்பட்டது. ஆனல், இப்போது நெட்டாங்குகள் கணிக்க, கதிரியக்க அறிவிப்புகள் பயன்படுத்தப்படுகின்றன.

மாலுமிப் பஞ்சாங்கத்தில், ஆண்டுதோறும் அவ்வாண்டில் ஏற்படும் முக்கியமான விண்மீன்களின் இடைமறைவுக் காலங்களும் மற்ற விவரங்களும் கொடுக்கப்படுகின்றன.

இவ்விதமான இடைமறைவுகள் பலவகைகளில் வானியல் ஆராய்ச்சிக்குப் பயன்படுத்தப்படுகின்றன. இவ்விடை மறைவுகளைக் 'கிரகணங்கள்' என்பதோடு இணைப்பதில் தவறில்லை.

* தனிவேகம் (கோணம்) $= \dfrac{360 \times 60}{27\frac{1}{3} \times 24}$ (ஒரு மணிக்கு, கலைகளில்)

$= 33'$ (தோராயமாக)

17–B. இடை ஓட்டம்: கதிரவன் தட்டின் குறுக்கே ஒரு கோள் ஓடிமறைவதும், 'கிரகணங்கள்', 'இடைமறைவுகள்' என்ற காட்சிகள் பாற்படும். கதிரவனுக்கும் மண்ணுலகிற்கும் இடையிலே இயங்கிவரும் ஒரு கோள், தன் பயணவீதியில், கதிரவன் ஒளித்தட்டின் குறுக்கே ஓடிமறைய வாய்ப்புண்டு. புதனும் வெள்ளியும் மட்டுமே இவ்வாறு நாம் காணும்வகையில் கதிரவன் தட்டின் குறுக்கே ஓடிமறைய முடியும். இப்படி ஓடிமறைவதே, கோளின் 'இடை ஓட்டம்' (transit) எனப் படும். மற்றக் கோள்கள் ஓடிமறையினும் நாம் அவற்றின் இடை ஓட்டங்களைப் பார்க்கமுடியாது.

அப்படிப் புதனோ, வெள்ளியோ கதிரவன் தட்டின் குறுக்கே ஓடும் போது, கதிரவன்மேல் ஒரு கரும்புள்ளி ஓடுவது போலத் தோன்றும்.

வெள்ளியோட்டத்தைக் கொண்டு (transit of Venus) முன்னர்க் கதிரவன் தூரம் கணிக்கப்படும் முறை வழக்கிலிருந்தது. ஆனால், இப்போது அம்முறை வழக்கற்றுவிட்டது. மேலும், சீரியமுறைகள் வானியல் வழக்கில் வந்துவிட்டன. கீழேயுள்ள பட்டியலில் கடந்த சில ஆண்டுகளிலும், வரப்போகும் நூற்றுண்டிலும், வெள்ளி, புதன் இவ்வாறு இடை ஓட்டம்பெற்ற பெறும் / காலங்கள் கொடுக்கப்பட்டிருக் கின்றன.

வெள்ளி இடையோட்டம்	கால இடைவெளி ஆண்டுகள்	புதன் இடையோட்டம்	கால இடைவெளி ஆண்டுகள்
1822, டிசம்பர் 6		1907, நவம்பர் 12	
		1914, நவம்பர் 6	7·0
2004, ஜுன் 7	121·5	1924, மே 7	9·5
		1927, நவம்பர் 8	3·5
		1937, மே 11	9·5
2012, ஜுன் 5	8·0	1940, நவம்பர் 12	3·5
		1953, நவம்பர் 13	13·0
2117, டிசம்பர் 10	105·5	1957, மே 5	3·5
		1960, நவம்பர் 6	3·5
2125, டிசம்பர் 8	8·0	1970, மே 9	9·5
		1973, நவம்பர் 9	3·5
		1986, நவம்பர் 12	13·0
		1999, நவம்பர் 14	13·0

18. சம இரவுப் புள்ளிகளின் பின்னகர்ச்சி அச்சசைவு

(Precession of the Equinoxes and Nutation)

18-0. ♈ என்ற ஒரு கற்பனை விண்மீன்கொண்டு நாம் மீன் வழிக் காலம் வகுத்தோம். ♈ என்பது வான நடுவரையும் கதிரவன் பாதையும் வெட்டும் இரண்டிடங்களில் ஏறுபுள்ளி என நாம் அறிவோம். ♈ என்பது விண்மீன்கள் பின்னணியில் இடம் மாருதவொரு புள்ளி யெனின், ♈ கொண்டு வகுக்கும் மீன்வழி நாளும், மற்ற ஏதேனுமொரு விண்மீன்கொண்டு வகுக்கும் மீன்வழி நாளும் சமமாயிருக்கும். அண்டவெளியில் கதிரவன் பாதையும், வான நடுவரையும் நிலைத்த பெருவட்டங்களானால், ♈-ம் நிலைத்த ஒரு புள்ளியாக இருக்கும். ♈ ஒரு நிலையான புள்ளியாக இல்லாவிடில், கதிரவன் ♈-லிருந்து மறுபடியும் வந்தடையும் கால இடைவெளியான மீன்வழி ஆண்டும் கதிரவன் ஒரு குறித்த விண்மீனையொட்டி ஒரு முழுச் சுற்றுச் சுற்றி வரும் கால இடைவெளியும் சமமாயிராது. (12-9 காண்க.)

18-1. கி. மு. இரண்டாம் நூற்றுண்டின் பிற்பகுதியில் வாழ்ந்த ஹிப்பார்கஸ் முன்கூறிய இரண்டு கால இடைவெளிகளுக்கும் ஒரு சிறு வேறுபாட்டைக் கண்டார். [இவ்வேறுபாடு கண்ட சோதனை முறைகளை Sir Harold Spencer Jones இயற்றிய ‘பொது வானியல்’ (General Astronomy) என்ற நூலில் காண்க.] இவ் வேறுபாட்டைப் பின்கூறப்படும் வகையில்தான் காரண காரிய முறைப்படி விளக்க முடியும்.

‘♈ ஒரு நிலைத்த புள்ளியன்று; அது விண்மீன்கள் பின்னணியில் ஒரு சிறு நகர்ச்சி பெற்றிருக்கிறது. இந் நகர்ச்சி ஏற்படக் காரணம் யாதெனில் வான நடுவரையையோ, அல்லது கதிரவன் பாதையையோ, அல்லது இரண்டையுமோ சரியாக இடங்குறிக்க இயலாது.’

இதற்குச் சான்றாக, ஹிப்பார்க்கஸ் பல ஆண்டுகள் செய்த ஆராய்ச்சியில், (1) விண்மீன்களின் வான நெட்டாங்கு ஆண்டுதோறும் ஏறக்குறைய 50″ மிகுவதையும் ; (2) விண்மீன்களின் வான அகலாங்கில் மாறுதலே ஏற்படாமலிருப்பதையும் கண்டார்.

இதனால் ♈ நகர்கிறதெனவும், அது கதிரவன் பாதையின் மேலேயே நகர்கிறது எனவும், அந்நகர்ச்சி கதிரவன் போக்கிற்கு எதிர்த்திசையில் உள்ளதெனவும் முடிவு கட்டலாம்.

இன்னும் நுட்பமாகப் பார்க்கப்போனால், நடுவரை, கதிரவன் பாதை ஆகிய இரண்டுமே நிலைத்தவையல்ல என்ற முடிவுக்கு வர வேண்டியிருக்கிறது. மேலும், நடுவரை அசைவு அதிகம், கதிரவன் பாதையசைவு சற்றுக் குறைவு என்பதற்கும் சான்றுகள் கிடைக்கின்றன. சான்றுகள் யாதெனின், விண்மீன்களின் நடுவரை விலக்கத்தில் ஏற்படும் மாறுபாடுகள், அவற்றின் விண் அகலாங்கில் ஏற்படும் மாறுபாடுகளைவிட மிகையாகவே உள்ளன. எனவே, ♈-ம் ♎-ம் (சமஇரவுப் புள்ளிகளிரண்டும்) மெல்லமெல்லக் கதிரவன் பாதைமேல் தவழ்கின்றன. சமஇரவுப் புள்ளிகளின் நகர்ச்சி கதிரவன் இயக்கத் திசைக்கு எதிர்ப்பக்கம் (அதாவது வலஞ்சுழியாக) ஏற்படுகிறது. ஆனால், இந் நகர்ச்சியின் சிறப்பு யாதெனின், ♈, ♎ மெல்லக் கதிரவன் பாதைமேல் நகருங்கால், வான நடுவரைக்கும் கதிரவன் பாதைக்கும் உள்ள சாய்வு ($\omega = 23° \ 27'$) மாறுவதில்லை.

♈, ♎ வலஞ்சுழியாக, கதிரவன் பாதையின்மேல் நகரும் வேகம் மிகக் குறைவு, ஆண்டிற்கு 50″·26 தான். இதன் விளைவாக முன் கூறப்பட்ட 'ஆண்டு' வேறுபாடு ஓராண்டில் 20 நிமிடங்களே யாகும். ஆனால், இவ்வேறுபாடு படிப்படியாக ஆண்டுதோறும் திரண்டு வருவதன்று (not cumulative).

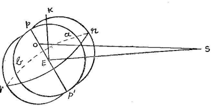
18–2. சம இரவுப் புள்ளிகளின் பின்னகர்ச்சிக்கு இயற்பொருள் சார்ந்த காரணம் (Physical causes of the precession of the equinoxes): நியூட்டன் வகுத்த 'தூர இருபடி எதிர்விகித ஈர்ப்பு விதி'யின் விளைவாக முன்னர்க் கூறப்பட்ட பின்னகர்ச்சி ஏற்படுகிறதென்று தெரிகிறது. இதனைச் சற்று விளக்குவோம்.

மண்ணுலகம் ஒரு சரியான கோளமாக இருந்தால், கதிரவனின் ஈர்ப்பு விசை, மண்ணுலகைத் தனது ஆண்டியக்கப் பாதையில் சீராகச் சுழல்வதற்கு மட்டுமே வழி செய்திருக்கும்.

ஆனால், மண்ணுலகம் ஒரு சரியான உருண்டை அல்லது கோளமாயில்லை ; அது ஒரு நீள்வட்டக் கோள உருவம் பெற்றிருக்கிறதென

நாம் 2–3 (4)-ல் கூறினோம். அது எப்படி அவ்வுருவம் பெற்றதெனவும் கண்டோம். அதன் நடுவரை விட்டம் 7926·5 மைல்; துருவ விட்டம் 7900 மைல்.

அதாவது மண்ணுலகம் நடுவரைப் பகுதிகளில் சற்றுப் பெருத்தும் (சற்று உப்பலாகவும்) துருவப் பகுதிகளில் சற்றுச் சுருங்கியும் (சற்றுத் தட்டையாகவும்) இருக்கிறது. படம் 18–2-ல் $p'p$ என்பது மண்ணுலகத் துருவச் சுழலச்சு; qr என்பது மண்ணுலக நடுவரை. S கதிரவன் இடம்; E மண்ணுலக மையம்; E என்ற கோடு கதிரவன்



படம் 18–2

பாதைத்தளத்தில் உள்ளது; $E\kappa$ என்பது கதிரவன் பாதைத் தளத்திற்கு E வழியாகச் செங்குத்துக்கோடு; எனவே, $p\hat{E}\kappa = \omega$ (அதாவது நடுவரைக்கும் கதிரவன் பாதைக்குமுள்ள சாய்வு).

மண்ணுலக அச்சு pp'ஐ விட்டமாகக்கொண்டு ஒரு கோணம் வரைக. கதிரவன் மண்ணுலகைத் தன்பக்கம் ஈர்க்கும் சக்தியை மூன்று பிரிவுகளாகக் கொள்ளலாம். (1) pp'ஐ விட்டமாகக்கொண்ட சரியான கோளப் பகுதியை ($pap'b$) வலிக்கும் சக்தி; (2) prp' என்ற பகுதியை வலிக்கும் சக்தி; (3) pqp' என்ற பகுதியை வலிக்கும் சக்தி. சரியான கோளப் பகுதியில் ஈர்க்கும் விசை மண்ணுலக மையம்வழியே செல்லும். ஏனெனில், அப்பகுதி சமச்சீருடையது. இரண்டாவது பகுதி prp' மூன்றுவது பகுதியைவிடக் கதிரவனுக்கு அண்மையில் இருப்பதால் அதை ஈர்க்கும் விசை மூன்றுவது விசையைவிட அதிகமிருக்கும் (தூர இருபடி எதிர் விகிதம்). எனவே, இம்மூன்று ஈர்ப்பு விசைகளின் விளைவான ஈர்ப்பு விசை (resultant pull), மண்ணுலக மையம் E வழியாகச் செல்லாமல் அதற்குச் சற்றுக் கீழோ அல்லது மேலோ O என்ற ஒரு புள்ளி வழியே செல்லும்.

இதன் காரணமாக pp' என்ற துருவ அச்சு, கதிரவன் பாதைத் தளத்திற்குச் (SE) செங்குத்தாக வந்தமையுமாறு வலித்து இழுக்கப் படுகிறது; அதாவது pp' என்ற அச்சு $E\kappa$ ஒடு இணையும் வகையில் ஈர்க்கப்படுகிறது. ஆனால், மண்ணுலகம் தன்னச்சான pp'ஐ மையங் கொண்டு வேகமாகச் சுழன்று கொண்டிருப்பதால், pp'-ம் $E\kappa$-ம் இணைந்துவிடுவதில்லை. (அப்படி இணைந்துவிடின் நடுவரையும் கதிரவன் பாதையும் ஒன்றாய் இணைந்துவிடும்.)

இந்தச் சூழ்நிலையில் மண்ணுலகம் திசை தவறாமல் இயங்க வேண்டுமாயின், pp' என்ற துருவச் சுழலச்சு, $E\kappa$ஐ அச்சாகவும், Eஐ முனையாகவும் கொண்டு, ஒரு கூம்பின் வெளிப்புறத்தில் சுழற்சி பெற வேண்டுமென்பது கனப்பொருள் இயக்க இயலில் (Dynamics of a Rigid Body) நாம் காணும் ஒரு விதியாகும். அக் கூம்பின் உச்சிக் கோணப்பாதி w (semi vertical angle of the cone) ஆகும். இவ்வாறாக pEp' இயங்குவதை அச்சுத் திசையளவு எனலாம்.*

18-2·1. சந்திரன் ஈர்ப்பு: கதிரவன் சந்திரனைவிடப் பன்மடங்கு பெரிதென நாமறிவோம். இருப்பினும் கதிரவனைவிடச் சந்திரன் மண்ணுலகிற்கு மிக அருகில் இருப்பதால் மண்ணுலகின் பருத்த பக்கத்தைக் கதிரவன் ஈர்க்கும் விசையைப்போல சந்திரனுடைய ஈர்ப்பு விசை இருமடங்கு எனக் கணிக்கப்பட்டிருக்கிறது. சந்திரனும் கதிரவனும் ஒரே பாதையில் இயங்குகின்றன எனக் கொண்டால், கதிரவன் ஈர்ப்பு விசையும், சந்திரன் ஈர்ப்பு விசையும் ஒன்று சேர்ந்து, துருவ அச்சு pp' என்பது முன்கூறிய கூம்பின் பரப்பில் சுழல்வதற்கு ஏதுவாகின்றன. இவ்விரு ஈர்ப்புச் சக்திகளும் சேர்ந்து விளைவிக்கும் நகர்ச்சி ஞாயிறு திங்கள் கூட்டுநகர்ச்சி (Luni-Solar Precession) எனப்படும்.

18-2 2. இவ்விரு ஈர்ப்பு விசைகளல்லாமல், மற்றக் கோள்களும் மண்ணுலகை ஈர்க்கும். அவ்வீர்ப்பு விசைகளின் விளைவாக ஏற்படும் நகர்ச்சி கோள்விளைவு நகர்ச்சி (Planetary precession) எனப்படும்.

18-2·3. கதிரவன், சந்திரன், கோள்கள் யாவும் ஒன்று சேர்ந்து மண்ணுலகை ஈர்ப்பதனால் ஏற்படும் நகர்ச்சி பொதுநகர்ச்சி (General precession) எனப்படும்.

* இவ்வியக்கம் காரண காரிய முறையில் இங்கு விளக்கப்படவில்லை. சுருக்கமான விளக்கம் Jones-General Astronomy என்ற நூலில் பக்கம் 55-ல் காண்க; மற்றும் Barlow and Bryan: Elementary Mathematical Astronomy என்ற நூலில் பகுதி XVIII, பிரிவு III-ல் காண்க. விரிவாக Routh: Dynamics of a Rigid Body என்ற நூலில் பம்பர இயக்கம் (Motion of a Top) என்ற பகுதியில் காண்க.

குறிப்பு: மேலே விளக்கப்பட்ட pp'-ன் சுழற்சி, ஒரு பம்பரத்தின் இயக்கத்தோடு ஒப்பிட்டால் விளக்கமுறும். ஒரு பம்பரம் வேகமாகச் சுழன்று கொண்டிருக்கும்போது, அதன் எடை காரணமாகப் பூமியை நோக்கி இழுக்கப்படுகிறது. எனினும், அதன் சுழற்சி காரணமாகப் பம்பரம் கீழே விழாமல், அப் பம்பரத்தின் அச்சு, தரை மட்டத்திற்குச் செங்குத்தான அச்சை மையங்கொண்டு, ஒரு கூம்பின் வெளிப்புறத்தில் சுழல்வதைக் காண்க. இது கனப்பொருள் இயக்கவியலில் 'பம்பரத்தின் இயக்கம்' (Motion of a top) என்ற தலைப்பில் விரிவாக விளக்கப்பட்டிருக்கும். (Routh: Rigid Dynamics என்ற நூலின்கண் காண்க.)

18·2·4. இவ்வாறாக வான நடுவரை, கதிரவன் பாதைமீது அதன் சாய்வு மாறாமல் சுழன்றுகொண்டு இருக்கிறது. இதுவரை நாம் நிலைத்த புள்ளிகளாகக்கொண்ட சம இரவுப் புள்ளிகள் (♈, ♎ இரண்டும்) வலஞ்சுழியாக மெல்லக் கதிரவன் பாதைமேல் நகர்கின்றன. இந் நகர்ச்சி கதிரவன் தன் பாதையில் செல்லும் திசைக்கு எதிர்த்திசையில் இருக்கின்றது எனவும் அவ்விரு புள்ளிகளின் வலஞ்சுழி வேகம் ஆண்டுக்கு 50″·26 எனவும் முன்பு கூறப்பட்டது. கதிரவன் மேட முதற்புள்ளி ♈-லிருந்து புறப்பட்டு மீண்டும் அப்புள்ளியை அடையும் வரையுள்ள காலம் ஒரு பருவ ஆண்டு எனக் கூறப்படுகிறது. ஆனால், மேட முதற்புள்ளி ♈ பின்னோக்கி நகர்வதால் கதிரவன் நாம் இதுவரை கருத்திற்கொண்ட காலத்தைவிட முன்கூட்டியே அப்புள்ளியை அடைந்துவிடுகிறது: இவ்வாறாகப் பருவ ஆண்டின் காலம் குறைகிறது. இக் குறைவு 20 நிமிட அளவுதான் என்று முன்னர் 18-1-ல் கூறப்பட்டதைக் கவனத்தில் கொள்க.

18-3. சம இரவுப் புள்ளிகள் நகர்ச்சியின் விளைவுகள்

(1) கதிரவன் பாதைமீதுள்ள மேட முதற்புள்ளி 50″·26 பின்நோக்கி நகர்வதால் அப்புள்ளியை நிலையாக வைத்து அளக்கப்படுகின்ற ஆயத்தொலைகளின் அளவுகள் ஆண்டுக்கு அதே அளவு மாறிக்கொண்டே இருக்கும்; நடுவரை விலக்கங்களும் மாறும். கதிரவன் பாதைத்தளம் குறிப்பிடத்தக்க அளவு மாறாமலிருப்பதால் அகலாங்குகள் மாறாது.

(2) மேட, துலாம் முதற்புள்ளிகளுக்கு அப்பெயர்கள் கொடுக்கப்பட்ட காலத்தில், அவை மேட, துலாம் இராசி மண்டலங்களில் இருந்தன. ஆனால், இப்போது அவை நகர்ந்து முறையே மீனம், கன்னி, இராசி மண்டலங்களில் இருக்கின்றன; எனினும் அவற்றின் பெயர்கள் மாற்றப்படவில்லை. இவ்வாறாக அவை காலப்போக்கில் ஓர்

இராசி மண்டலத்திலிருந்து அடுத்த மண்டலத்திற்கு நகர்ந்துசெல்லும் காலம் $= \frac{360 \times 60 \times 60}{50 \cdot 26} \times \frac{1}{12} = 2150$ ஆண்டுகளாகும்.

எனினும், அந்நகர்ச்சி கதிரவன் பாதைமேலேயே தானிருக்கும்; நடுவரைக்கும் கதிரவன் பாதைக்குமுள்ள சாய்வு மாறாது.

(3) இந் நகர்ச்சி காரணமாகச் சம இரவுப் புள்ளிகளை இணைக்கும் நேர்கோடான ϒ≏, ஆண்டுக்கு $50'' \cdot 26$ வலஞ்சுழியாகச் சுற்றுகிறது. எனவே, ஏறக்குறைய 26,000 ஆண்டில் ஒரு முழுச் சுற்றுச் சுற்றி விடும். இக் காலத்தை சமஇரவுப் புள்ளி நகர்ச்சிக் காலவட்டம் என்று கூறுகின்றோம். மேலும், கதிரவன் பாதையின் கவியக் கோடும் ஆண்டுக்கு $11'' \cdot 25$ இடஞ்சுழியாகச் சுற்றி வருகிறது. எனவே, ஓராண்டுக்குச் சம இரவுப் புள்ளிகளை இணைக்கும் நேர்கோடு கவியக் கோட்டிலிருந்து $50'' \cdot 26 + 11'' \cdot 25 = 61'' \cdot 51$ விலகிச் செல்கிறது. எனவே, கவியக் கோட்டின் பின்னணியில் நேர்கோடு ϒ≏ என்ற கோடு $360°$ சுற்றிவர எடுத்துக்கொள்ளும் காலம் $= \frac{360 \times 60 \times 60}{61 \cdot 51} = 21070$ ஆண்டுகளாகும். எனவே, 10535 ஆண்டுகள் கழித்துப் பார்ப்போமேயானால் தற்போதுள்ள கோடைக்கால அளவைப்போல் குளிர்கால அளவும், குளிர்கால அளவைப்போல் கோடைக்கால அளவும் இருக்கும்.

(4) மண்ணுலகம் சுழலச்சை (pp')ஐ இருபுறம் நீட்டினால் அவ்வச்சு வானக் கோளத்தை இரு புள்ளிகள் p, p'-ல் வெட்டுமென முன்னர்க் கண்டோம். இதுவரை இவ்வச்சு நிலைத்த கோடெனக் கொண்டதால் அவ்விரு புள்ளிகளும் நிலைத்த புள்ளிகளெனக் கொண்டோம். ஆனால், இந் நகர்ச்சி காரணமாக, வானக்கோளத் துருவப்புள்ளிகள் p, p' இரண்டும், கதிரவன் பாதைத் துருவங்கள் $\kappa\kappa'$ஐச் சுற்றி, ω கோண அரைவிட்டமுள்ள வட்டங்கள் வரைகின்றன. துருவங்களுக்கு அருகில் உள்ள ஒளிமிக்க விண்மீன் துருவ விண்மீனெனப்படும். சில ஆயிரம் ஆண்டுகள் கழித்துப் பார்த்தால் அந்தத் துருவ விண்மீனிடம் இருந்து துருவப் புள்ளியானது அதிக தூரம் சென்றிருக்கும். எனவே, அந்த விண்மீனைக் கொண்டு நாம் துருவப் புள்ளியை நிர்ணயிக்க முடியாது. இப்போது துருவப் புள்ளிக்கு அருகில் உள்ள ஒளிமிக்க விண்மீனைத் துருவ விண்மீன் என்று கூறுகின்றோம். முன்பு துருவ விண்மீன் என்று அழைக்கப்பட்ட விண்மீன் தன் பெயரை இழந்துவிடுகிறது. இவ்வாறு தொடர்ந்து துருவப் புள்ளிக்கு அருகில் அவ்வப்போது வந்தமையும் ஒளிமிக்க விண்மீன் துருவ விண்மீன் என்று கூறப்படும். இன்று நாம் துருவமீன் என அழைக்கும் விண்மீன், ஏறக்குறைய 13,000 ஆண்டுகளுக்குப்பின்

அப்போதைய துருவப் புள்ளியிலிருந்து ஏறக்குறைய 47° அகன்றிருக்கும்.

18–4. சம இரவுப் புள்ளி நகர்ச்சி–அச்சுத்திசையளவு–கூடிக் குறையும் இயல்புகள்: ஆண்டுதோறும் சம இரவுப் புள்ளி நகர்ச்சி 50″·26 எனக் கூறினோம். ஆனால், ஓராண்டுக் காலத்தில் இது சீராக ஏற்படுவதில்லை. கதிரவன் சம இரவுப் புள்ளிகளைக் கடக்கும்போது, நகர்ச்சியிராது; வெப்பக்கால, மாரிக்காலத் திருப்பங்களைக் கடக்கும் போது, நகர்ச்சி மீப்பெரு அளவு பெறுகிறது. சந்திரன் ஈர்ப்பினல் ஏற்படும் நகர்ச்சி திங்களிருமுறை, சந்திரன் நடுவரையைக் கடக்குங்கால் ஏதுமிருப்பதில்லை. எனவே, ஓராண்டுக் காலத்தில் சில சமயங்களில் கூடியும், சில சமயங்களில் குறைந்தும் இந்நகர்ச்சி உருவாகிறது.

இந்த 50″·26 அளவும் மாறிலியன்று. சில ஆண்டுகளில் கூடியும், சில ஆண்டுகளில் குறைந்தும் ஏற்படுகின்றது. இக் கூட்டிக் குறையும் தன்மைக்குக் காரணம் பின்வருமாறு:

கதிரவன் இயக்கப் பாதையை, சந்திரன் இயக்கப்பாதை கடக்கும் இருகணுக்களும் (nodes) நிலைத்தவையல்ல ['சந்திரன்' 11–8·1 காண்க]. அவை ஆண்டிற்கு 19° 21′ கோணவேகத்தில் வலஞ்சுழியாகக் கதிரவன் பாதையில் ஊர்ந்து செல்கின்றன. அக் கணுக் காலவட்டம் 18·6 ஆண்டுகள். அக் கணுக்கள் இயங்கும்போது, ஒரு சமயம் ஏறுகணு Y–ல் இயையுமானல், அப்போது சந்திரன் பாதைக்கும் நடுவரைக்கும் உள்ள சாய்வு ஏறக்குறைய 28°30′ இருக்கும். 9·3 ஆண்டுகள் கழித்து, ஏறுகணு ♎–ல் இயையும்போது, இச்சாய்வு ஏறக்குறைய 18°தான் இருக்கும். எனவே, இங்குக் கூறப்பட்ட முதனிலையில் ஏற்படும் ஈர்ப்பு விசையின் காரணமாக விளையும் நகர்ச்சியும் அசைவும், இரண்டாம் நிலையில் ஏற்படும் நகர்ச்சி, அசைவைவிட மிக அதிகமாகவிருக்கும்.

சந்திரன் பாதைச் சாய்வு காரணமாகவும், அச்சாய்விலேயே கால வட்டத்தில் ஏற்படும் மாறுதல்கள் காரணமாகவும், கதிரவனைக்காட்டிலும் சந்திரன் ஈர்ப்புவிசை இருமடங்கு இருப்பதன் காரணமாகவும், நகர்ச்சி அசைவு பற்றிய கணிப்புகள் மேலும் சிக்கலாகின்றன.

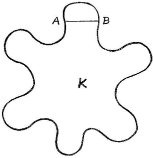
18–4·1. அச்சசைவு (மண்ணுலக சுழலச்சின் சிற்றூசலாட்டம்—Nutation): மண்ணுலக மையம் E வழியாக, கதிரவன் பாதைத் தளத்திற்குச் செங்குத்தாக வரையப்படும் நேர்கோடு $E\kappa$ எனவும், சந்திரன் பாதைத் தளத்திற்குச் செங்குத்தாக வரையப்படும் நேர்கோடு $E\kappa'$ எனவும் கொள்க. கதிரவன் ஈர்ப்பு விசையின் காரணமாக EP என்ற கோடு E என்ற புள்ளியை

முனையாகவும் $E\kappa$ஐ நடு அச்சாகவும், மையக் கோணப் பாதி ω ஆகவும் கொண்ட ஒரு கூம்பின் மேற்பரப்பில் தவழ்கிறதெனப் பார்த்தோம். அவ்வாறே சந்திரன் ஈர்ப்பு விசையின் காரணமாக, EP என்ற கோடு E என்ற புள்ளியை முனையாகவும் Ek'ஐ நடு அச்சாகவும் கொண்ட மற்றொரு கூம்பின் மேற்பரப்பில் தவழும். இவ்விரு ஈர்ப்பு விசைகளும் ஒன்றுசேர்ந்து, மண்ணுலகினை ஈர்க்கும் நிலையில், EP-ன் அசைவு, 18–4-ல் குறிப்பிட்ட காரணங்களால் சிக்கலடைகிறது.

இவ்வாருன மாறுவிசைகளின் விளைவாக, P-ன் இயங்குவழி κஐச் சுற்றி ஒரு சரியான சிறுவட்டமாக அமையாமல் 18·4·1-ல் காட்டியபடி, ஒழுங்கான வளைவுகள் நிறைந்த ஒரு பாதையாகிறது.

எனவே, துருவ அச்சு ஊசலாடுகின்றதைப் பார்க்கலாம். இதுவே அச்சசைவு அல்லது மண்ணுலகச் சுழலச்சின் சிற்றூசலாட்டம் எனப்படும்.

κ-லிருந்து, மேற்காட்டிய பாதையின் சராசரி தூரம் ω. AB என்ற வளைவுப் பகுதி 18·6 ஆண்டுக் காலவட்டம் பெற்றது. முழுச்



18–4·1

சுற்றளவு காலத்தில் 1400 வளைவுகள் இருக்கும் என்பதைக் காண்க $\left(\frac{25800}{18\cdot6} \sim 1400\right)$.

பயிற்சி 18

1. சம இரவுப் புள்ளிகளின் நகர்ச்சி காரணமாக மேடம், துலாம் புள்ளிகள், 2150 ஆண்டுகளுக்கு ஒரு முறை பெயர் மாற்றம் பெற வேண்டிய காரணங்களென்ன?

2. பின்வருவனவற்றைத் காரணம் கொண்டு விளக்குக: (i) துருவ நட்சத்திரம் நிலைத்ததன்று; (ii) மீன்வழி ஆண்டின் அளவிற்கும், பருவ ஆண்டின் அளவிற்கும் 20 நிமிட வேறுபாடு இருக்கிறது.

3. ஒரு விண்மீனின் வல ஏற்றம் இப்போது 15°; எத்தனை ஆண்டு களுக்குப்பின் அதன் வல ஏற்றம் (i) 90° ஆகும்; (ii) 0° ஆகும்; (iii) மறுபடியும் 15° ஆகும்?

4. ஒரு விண்மீனின் நெட்டாங்கு இப்போது 90°; (i) 6500 ஆண்டு களுக்குப்பின்; (ii) 13,000 ஆண்டுகளுக்குப்பின் அதன் நெட்டாங்கு என்னவாயிருக்கும்?

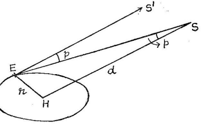
19. கதிரவன் மையத் தோற்றப் பிழை—ஆண்டுத் தோற்றப் பிழை

(Heliocentric parallax—Annual parallax)

19-0. விண்மீன்கள் யாவும் விண்வெளியில் நிலைத்த பொருள்கள். ஒரு காட்சியாளன் நிலைத்த ஓரிடத்திலிருந்து அவ் விண்மீன்களின் ஆயத்தொலைகளையோ மற்று எந்த அளவைகளையோ பதிவு செய்தால் அவை நிலைத்த மாறிலிகளாகும். ஆனால், காட்சியாளன் இருக்குமிடமாகிய மண்ணுலகம் நிலைத்த விண்பொருளில்லை என்பது நாமறிந்த உண்மையாகும். மண்ணுலகம் கதிரவனை ஒரு குவிமையமாகக் கொண்டு ஒரு நீள்வட்டப் பாதையில் ஓராண்டுக் காலவட்டத்தில் சுற்றி வருகிறது. அந் நீள்வட்டப் பாதையின் குவிமையப் பிறழ்வு மிகச் சிறிய மதிப்பைப் பெற்றுள்ளதால் ($\frac{1}{60}$) மண்ணுலகம் கதிரவனைச் சுற்றிவரும் பாதையை ஒரு வட்டமென்றே கொள்வோம். அவ் வட்டத்தின் அரைவிட்டம் 149·50 மில்லியன் கிலோ மீட்டர்கள் (93 மில்லியன் மைல்கள்). எனவே, ஏறக்குறைய 6 மாத இடைவெளியில் மண்ணுலகின் இரு நிலைகளுக்கு இடைப்பட்ட தூரம் 299·0 மில்லியன் கிலோ மீட்டர்கள் (186 மில்லியன் மைல்கள்). இவ்விரு நிலைகளிலிருந்தும் ஒரு குறிப்பிட்ட விண்மீனை நோக்கும்போது அதன் திசை வெவ்வேறுயிருக்கும் என்பது தெளிவு.

19-1. எனவே, விண்வெளியில் மண்ணுலகின் பல்வேறு நிலைகளிலிருந்து ஒரு விண்மீனை நோக்கும்போது சில ஆயத்தொலைகள் வெவ்வேருக இருக்கலாம். மண்ணுலகப் பாதைக்குக் கதிரவன் மையமாதலின், கதிரவன் மையத்தை ஒரு நிலைத்த புள்ளியாகக் கொண்டு அங்கிருந்து நோக்கினுல் என்ன ஆயத்தொலைகள் இருக்குமோ அவ்வாயத் தொலைகளைத் திட்டமான (standard) ஆயத்தொலைகள் என்று கொள்வது மரபு. மண்ணுலகிலிருந்து நாம் பதிவு செய்யும் ஆயத்தொலைகளுக்கு உரிய பிழை திருத்தங்கள் செய்து கதிரவன் மையத்திலிருந்து பெறப்படும் திட்டமான ஆயத்தொலைகளுக்கு மாற்றிக் கொள்ளலாம். இங்கு விண்மீன்கள், கதிரவனிடமிருந்தோ மண்ணுலகி

லிருந்தோ பலகோடி மைல்களுக்கப்பால் உள்ளதால் கதிரவனும், மண்ணுலகும், விண்மீன்களும் புள்ளிகளாகவே ஏற்றுக் கொள்ளப்படுகின்றன.



மண்ணுலகப் பாதை

படம் 19–1·1

19–1·1. S ஒரு விண்மீன்; H கதிரவன்; E ஒரு குறிப்பிட்ட சமயத்தில் தனது பாதையில் மண்ணுலகின் நிலை. ES என்பது விண்மீனின் மண்ணுலக மையத் தோற்றத் திசை (geocentric direction) என்றும், HS கதிரவன் மையத் தோற்றத் திசை (heliocentric direction) என்றும் கூறப்படும். பின் கூறப்பட்ட திசை திட்டமான திசை (standard direction) எனக் கொள்ளப்படுவது மரபு. இவ்விரு திசைகளுக்கும் இடைப்பட்ட கோணமான ESH என்பது அவ்விண்மீனின் கதிரவன் மையத் தோற்றப் பிழை (heliocentric or annual parallax) எனப்படும். அதாவது கதிரவன், மண்ணுலகம் இரண்டையும் இணைக்கும் நேர்கோடு ஒரு விண்மீனில் தாங்கும் கோணம், அவ் விண்மீனின் தோற்றப்பிழை எனப்படும். இப் பிழை p என்ற குறியீட்டால் வழக்கமாகக் குறிக்கப்படும். புவிமையத் தோற்றப்பிழை கணக்கிட்டது போலவே, கதிரவன் மையத் தோற்றப் பிழையையும் கணக்கிடலாம்.

படம் 19–1·1-ல் முக்கோணம் HSE-ல், $HS=d$; $HE=r$ எனக் கொள்க. இங்கு r, d இரண்டும் மாறிலிகள். $[r=a(1\pm e)]$ என்று இருப்பினும் நாம் 19–1-ல் கூறியபடி, மண்ணுலக இயக்கப்பாதை ஒரு சரியான வட்டமெனக் கொண்டு r-யும் மாறிலியாகக் கொள்ளலாம்.

எனவே,

$$\frac{SH}{\sin SEH} = \frac{EH}{\sin ESH}$$

அதாவது,

$$\frac{d}{\sin SEH} = \frac{r}{\sin ESH}$$

$$= \frac{r}{\sin p}$$

$$\therefore \quad \sin p = \frac{r}{d} \cdot \sin SEH$$

$$= \frac{r}{d} \cdot \sin E \qquad (1)$$

r-ஒடு ஒப்பிடும்போது d மிகப் பெரியதாயிருக்குமானபடியால், $\frac{r}{d} \cdot \sin E$-ன் மதிப்பு மிகச் சிறியதாகவிருக்கும். அதாவது, $\sin p$-ன் மதிப்பு மிகச் சிறியதாகவிருக்கும். எனவே, p ஆரையன் அளவில் கொடுக்கப்படின், தோராயமாக $\sin p = p$ என நாம் அறிவோம். எனவே, ஆரையன் அளவில் தோராயமாகத் தோற்றப் பிழை $p = \frac{r}{d} \sin E$ எனப் பெறப்படுகிறது. இங்கு r என்பது மண்ணுலகப் பாதையின் அரைவிட்டம்; d கதிரவனுக்கும் விண்மீனுக்கும் இடைப் பட்ட தூரம்; E விண்மீனும் கதிரவனும் மண்ணுலகில் தாங்கும் கோணம். மண்ணுலகம் தன் பாதையில் செல்லும்போது ஓராண்டில் E-ன் மதிப்பு மாறிக் கொண்டும், r, d-ன் மதிப்புகள் மாறுமலும் இருக்கும். எனவே E-ன் மதிப்பு 90°-யாயிருக்கும்போது p தன் மீப்பெரு மதிப்பைப் பெறுகிறது. மீப்பெரு மதிப்பையே அவ்விண் மீனின் கதிரவன் மையத் தோற்றப் பிழை (Annual parallax or heliocentric parallax) என்று சிறப்பாக எடுத்துக் கொள்கிறோம். எனவே, மரபுப்படி' கதிரவன் மையத் தோற்றப் பிழையின் மதிப்பு ஆரையன் அளவில் $\frac{r}{d}$ ஆகும். இது வழக்கமாக Π என்ற குறியீட்டால் குறிக்கப்படுகிறது. ஆனால், சரியான தோற்றப் பிழை,

$$p = \frac{r}{d} \cdot \sin SEH$$

$$= \Pi \sin E \qquad (2)$$

விண்மீன்கள் வெகுதூரத்திலுள்ளபடியால் அவற்றிற்குப் புவி மையத் தோற்றப் பிழை' கணக்கிலெடுக்கப்படுவதில்லையென நாம்

முன்னரே அறிந்திருக்கின்றோம் (பகுதி 7). ஆனால் விண்மீன்களுக்குக் கதிரவன் தோற்றப் பிழை உண்டு; பிழையளவு $= \prod \sin E$.

விண்மீன்கள் கதிரவனிடமிருந்து பலகோடி மைல்களுக்கு/கிலோ மீட்டர்களுக்கு அப்பால் இருப்பதால் நாம் பெறும் $\prod$-ன் மதிப்பு மிக மிகச் சிறியதாகவே இருக்கும். எடுத்துக்காட்டாக ஆல்பா சென்டாரை (α—centaurai) என்ற மிகஅருகிலுள்ள விண்மீனின் கதிரவன் மையத் தோற்றப் பிழை 0·8″ எனின் மற்ற விண்மீன்களுக்கு இருக்கும் கதிரவன் மையத் தோற்றப் பிழையை நீங்களே ஊகித்துக் கொள்ளலாம்.

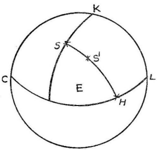
19–2. கதிரவன் மையத் தோற்றப் பிழையின் விளைவாக மண்ணுலகிலிருந்து விண்மீனைப் பார்ப்பதற்கும், கதிரவனிலிருந்து அதே விண்மீனைப் பார்ப்பதற்கும் உள்ள தோற்ற வேறுபாடுகள்

படம் 19–1·1-ல் E என்ற புள்ளியில் HS-க்கு இணையாக ES' என்ற நேர்கோடு வரைக. E-லிருந்து ES என்பது விண்மீன் S-ன் தோற்றத் திசை எனவும், ES' என்பது விண்மீன் S-ன் திட்டமான திசை (Standard direction) எனவும் கூறப்படும். இவ்விரு திசைகளுக்கும் இடைப்பட்ட கோணம் $S\hat{E}S' = E\hat{S}H = p$-ன் கோண மதிப்புக் கதிரவன் மையத் தோற்றப் பிழையாகும். எனவே, கதிரவன் மையத் தோற்றப் பிழை காரணமாக விண்மீன் S-ன் தோற்றத் திசை திட்டமான திசையிலிருந்து கதிரவன் பக்கமாக p அளவுக்குச் சாய்ந்திருக்கிறது.

19–2·1. இதன் விளைவு, வானக் கோளத்தில் எப்படி மாற்றம் காட்டுகிறதெனப் பார்ப்போம்.

வானக் கோளப்படம் 19–2·1-ல், E என்பது மண்ணுலக மையம்; CL என்பது கதிரவன் பாதை; H என்பது கதிரவன் ஒரு குறிப்பிட்ட சமயத்தில் தன் பாதையில் இருக்குமிடம்; S ஒரு விண்மீனின் திட்டமான இடம்.

S-யும், H-யும் ஒரு பெரு வட்ட வில்லால் இணைக்கவும். வரையறைப்படி, S என்ற விண்மீனின் தோற்றத்திசை, திட்டமான திசையிலிருந்து கதிரவன் பக்கமாக $\prod \sin SEH$ [19-1·1 (2)] என்ற அளவில் சாய்ந்திருக்க வேண்டும். ஆனால், வானக் கோளத்தில் $S\hat{E}H =$ வில் SH. எனவே, S என்ற விண்மீனின் தோற்ற இடம், SH-ன்மேல் H பக்கமாக $\prod \sin SH$ அளவு சாய்ந்திருக்க வேண்டும். ஆகவே, SH-ன் மேல் H பக்கமாக, $SS' = \prod \sin SH$ என்ற அளவுப்படி S' என்ற புள்ளியை இடங்குறிக்க. அப்போது S' என்பது, மண்ணுலகத்திலிருந்து வானக் கோளத்தின்மேல் S என்ற (திட்ட இடத்திலுள்ள) விண்



படம் 19-2·1

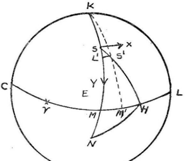
மீனின் தோற்ற இடமாகும் (Apparent position as seen from the earth). எனவே, ஒரு குறிப்பிட்ட விண்மீனின் தோற்ற இடத்தை (மண்ணுலகிலுள்ள காட்சியாளனுக்குத் தோன்றும் இடத்தை) இடங் குறிக்கப் பின்வரும் முறை பொருந்தும். அந்தச் சமயத்தில் கதிரவன் நிலை கண்டு கதிரவனின் நிலை H-யும், விண்மீனின் திட்டமான நிலை S-யும் ஒரு பெருவட்டத்தால் இணைத்து, $SS' = \prod \sin SH$ என்ற அளவில் S'ஐ இடங்குறித்தால், அவ் விண்மீனின் தோற்ற இடம் S' எனப் பெறப்படும்.

19-3. கதிரவன் மையத்தோற்றப் பிழை காரணமாக மண்ணுலகிலிருந்து ஒரு விண்மீனின் அகலாங்கு நெட்டாங்கு பதிவு செய்வதில் ஏற்படும் மாறுபாடுகள் (பிழைகள்) காணல் :

வானக் கோளத்தில் கதிரவன் பாதை CL மீது H கதிரவன் நிலையைக் குறிக்கும். κ கதிரவன் பாதையின் ஒரு துருவம். S ஒரு விண்மீன். கதிரவன் மையத் தோற்றப் பிழை காரணமாக விண்மீன் ($SS' = \prod \sin SH$ என்ற அளவுப்படி) SH-ன் மேல் H பக்கமாக S' என்ற புள்ளிக்கு நிலை மாற்றமடையும். அதாவது $SS' = \prod \sin SH$ ஆகும்.

κ-விருந்து S, S' வழியாக CL-க்கு முறையே κM, $\kappa M'$ என்ற துணைக் குத்துவட்டங்கள் வரைக. Υ என்பது கதிரவன் பாதையில்

மேட முதற் புள்ளியைக் குறிக்கிறது. விண்மீன் S' வழியாக CL-க்கு இணையாக $S'L'$ என்ற சிறுவட்டம் வரைக. கதிரவன் நெட்டாங்கு $\Upsilon H = \odot$ எனக் கொள்க. $S'LS$ என்பதை ஓர் ஒரு தள நேர்கோட்டு முக்கோணம் எனக் கொள்ளலாம். இப்போது அவ் விண்மீனின் (பதிவு செய்யப்படும்)



படம் 19-3

தோற்ற நெட்டாங்கு $\Upsilon M' = \lambda$ எனவும்,
தோற்ற அகலாங்கு $S'M' = \beta$ எனவும் கொள்க.

கதிரவன் மையப்பிழை நீக்கிய,

திட்டமான நெட்டாங்கு $\Upsilon M = \Upsilon M' - MM'$
$= \lambda - \Delta\lambda$ எனவும்,

திட்டமான 'அகலாங்கு $SM = S'M' + SL'$
$= \beta + \Delta\beta$ எனவும் கொள்க.

கதிரவன் மையப்பிழையின் விளைவாக,

நெட்டாங்குப் பிழை $= MM'$
$= \Delta\lambda$

அகலாங்குப் பிழை $= SL'$
$= 4\beta$

$$\text{மேலும் } MH = rH - rM$$
$$= \odot - (rM' - MM')$$
$$= \odot - (\lambda - \Delta\lambda) \quad (1)$$

$\prod$ என்பது மிகச் சிறிய மதிப்புடையதாதலால்,

$\prod \sin \Delta\lambda$, $\prod \sin \Delta\beta$ என்பவை இரண்டாம் படி (Second order) சிறிய மதிப்புடையனவாயிருக்கும். எனவே, கணக்கெடுப் பதில் அவற்றினை விலக்கிவிடலாம். (A)

முக்கோணம் $SS'L$ ஓர் ஒருதள முக்கோணமெனக் கொள்ளப் படுவதால், $\Delta\ SS^1L$-ல்,

$$L'S' = SS' \sin S'SL$$
$$SL = SS' \cos S'SL \text{ எனத்}$$

தோராயமாகக் கொள்ளலாம். (2)

$$\therefore MM^1 = \Delta\lambda = L'S' \sec S'M'$$
$$= L'S' \sec \beta$$
$$= SS' \sin S'SL' \sec \beta$$
$$= \prod \sin SH \sin HSM \sec \beta \quad (3)$$

$L'S'$ மட்டும் $\prod \sin SH \sin HSM$-க்குச் சமம் (3')

$$\text{மேலும் } \Delta\beta = L'S$$
$$= SS' \cos S'SL'$$
$$= \prod \sin SH \cos HSM \quad (4)$$

இப்போது (3), (4)-ன் மதிப்புகளைக் காண்போம்.

$SM\mathfrak{B}$ நீட்டி, $SN = 90°$ என N என்ற புள்ளியை இடங்குறித்து, H-யும் N-யும் ஒரு பெரு வட்டவில் கொண்டு இணைத்து விடுக.

கோள முக்கோணம் SHN-ல்,

$$\cos NH = \cos SN.\cos SH + \sin SN \sin SH \cos H\hat{S}N$$
$$= \sin SH.\cos H\hat{S}N\ (\because SN = 90°).$$

எனவே (4)-ன் படி

$$\Delta\beta = \prod \sin SH \cos H\hat{S}M$$
$$= \prod \cos NH.$$

கோள முக்கோணம் MNH-ல், $H\hat{M}N = 90°$

$\therefore$ நேப்பியர் விதிப்படி,

$$\cos NH = \cos MN \cos MH$$

$$\therefore\ \Delta\beta = \amalg \cos NH = \amalg \cos MN.\cos MH$$
$$= \amalg \cos(90 - SM).\cos(rH - rM)$$
$$= \amalg \sin SM.\cos(\odot - \overline{\lambda - \Delta\lambda})$$
$$= \amalg \sin(\beta + \Delta\beta)\cos(\odot - \overline{\lambda - \Delta\lambda})$$
$$= \amalg \sin\beta\cos(\odot - \lambda)$$

(தோராயமாக) (A)-ன் படி.

∴ அகலாங்கில் பிழையளவு

$$\Delta\beta = \amalg \sin\beta\cos(\odot - \lambda) \qquad (5)$$

மேலும் கோள முக்கோணம் SMH-ல்,

$$\frac{\sin MH}{\sin HSM} = \frac{\sin SH}{\sin 90^\circ}$$

$$\therefore \sin SH \sin H\hat{S}M = \sin MH$$

∴ (3)-ன்படி நெட்டாங்கில் பிழையளவு

$$\Delta\lambda = \amalg \sin SH.\sin HSM.\sec\beta$$
$$= \amalg \sin MH.\sec\beta$$
$$= \amalg \sin(\odot - \overline{\lambda - \Delta\lambda}).\sec\beta$$
$$= \amalg \sin(\odot - \lambda).\sec\beta$$

(தோராயமாக) (A)-ன் படி.

$$= \amalg \sin(\odot - \lambda).\sec\beta \qquad (6)$$
$$\therefore\ \Delta\beta = \amalg \sin\beta\cos(\odot - \lambda) \qquad (5)$$
$$\Delta\lambda = \amalg \sin(\odot - \lambda)\sec\beta \qquad (6)$$

எனப் பெறப்படும்.

$L'S'$ மட்டும் $\amalg \sin(\odot - \lambda)$-க்குச் சமம். (7)

19-3·1. கதிரவன் தோற்றப்பிழை காரணமாக விண்மீன் நிலையில் மாற்றம் ஏற்படும். ஓராண்டில் அத்தோற்ற நிலையின் இயங்கு வழி உண்மை நிலையைச் சுற்றி ஒரு நீள்வட்டமென நிறுவுதல் :

S வழியாகக் கதிரவன் பாதைக்கு இணையாக SX என்ற ஒரு சிறு நேர்கோடு வரைக. S வழியாக உள்ள இரு செங்குத்துக் கோடுகள் SX, SL' முறையே x, y அச்சுகளாக எடுத்துக் கொள்க. அப்போது S'-ன் ஆயத்தொலைகள் (x, y) ஆனால்,

$$\text{முன் (7)-ன்படி } L'S' = x = \amalg \sin(\odot - \lambda) \qquad (7)$$
$$\text{முன் (5)-ன்படி } SL' = y = \amalg \sin\beta.\cos(\odot - \lambda) \qquad (8)$$

x-ம், y-ம் கதிரவன் நெட்டாங்கான $\odot$-ன் சார்புடைய மதிப்புகளாகும். ஓராண்டில் $\odot$-ன் மதிப்பு 0°-லிருந்து 360° வரை மாறுகிறது. இம்

மதிப்பு மாறமாற S'-ன் நிலையும் மாறும். S'-ன் இயங்குவழியைப் பெறச் சமன்பாடுகள் (7), (8) இரண்டிலுமிருந்து ⊙ஐ நீக்கவேண்டும். அதனை நீக்கிப் பெறப்படும் சமன்பாடு,

$$\frac{x^2}{\Pi^2} + \frac{y^2}{\Pi^2 \sin^2 \beta} = 1 \tag{9}$$

இச் சமன்பாடு ஒரு நீள்வட்டத்தின் சமன்பாடாகும். அந் நீள் வட்டத்தின் பேரச்சின் நீளம் 2Π ; சிற்றச்சின் நீளம் $2\Pi \sin \beta$. அந் நீள்வட்டத்தின் குவிமையப் பிறழ்வு e எனக் கொண்டால்,

$$\begin{aligned} \Pi^2 \sin^2 \beta &= \Pi^2 (1-e^2) \\ \therefore e^2 &= 1-\sin^2 \beta \\ &= \cos^2 \beta \\ \therefore e &= \cos \beta \end{aligned} \tag{10}$$

19–3·2. கி. தே. (1)

விண்மீன் கதிரவன் பாதையின் ஒரு துருவத்தில் (κ-ல்) இருக்குமானல் $\beta = 90°$. அப்போது தோற்ற விண்மீனின் இயங்குவழி,

$$\frac{x^2}{\Pi^2} + \frac{y^2}{\Pi^2} = 1$$

அதாவது $x^2 + y^2 = \Pi^2$ (11)

அதாவது தோற்ற விண்மீனின் இயங்குவழியானது, S மையங் கொண்டு, Π ஆரங்கொண்ட ஒரு சிறு வட்டமாகிறது.

19–3·3. கி. தே. (2)

விண்மீன் கதிரவன் பாதையின் மேலேயே இருக்குமானல் $\beta = 0°$; அப்போது தோற்ற விண்மீனுடைய இயங்கு வழியின் சமன்பாடு,

$x^2 \sin^2 \beta + y^2 = \Pi^2 \sin^2 \beta$ எனவாகி,

$y^2 = 0$ என்ற அமைப்பில் வரும் ($\because \beta = 0$)

அதாவது $y = 0$.

ஆனல் $y = 0$ என்பது கதிரவன் பாதையின்மேல் விண்மீனையொட்டி இருபக்கமும் உள்ள ஒரு சிறு நேர்கோட்டின் சமன்பாடாகும். எனவே, கதிரவன் பாதையிலுள்ள ஒரு விண்மீனின் தோற்ற இடம், திட்டமான இடம் S-லிருந்து, கதிரவன் பாதையிலேயே இருபுறம் Π அளவு ஊசலாடும் தோற்றமளிக்கும்.

19–4·1. விண்பொருள் தூர அலகுகள் (Units of astronomical distances) : வானியல் அலகு, ஒளியாண்டு, பார்செக் (The astronomical unit, the light year and the parsec).

விண் பொருள்களின் தூரங்களை அளப்பதற்கு முதல் முதலாக நாம் கண்ட அலகு, மண்ணுலகத்திலிருந்து கதிரவனின் சராசரி தூரமான 93×10^6 மைல்கள் அல்லது $149 \cdot 5 \times 10^6$ கிலோமீட்டர்கள். இந்த அளவுகோல் கொண்டு கதிரவன் குடும்பத்திலுள்ள கோள்களின் தூரங்கள் கொடுக்கப்படுகின்றன. ('கதிரவன் குடும்பம்' பகுதியில் காண்க.)

19–4·2. இவ்வளவுகோல் அல்லது அலகுகொண்டு, விண்மீன் களின் தூரங்களை அளவிட முடியாது போகவே, இதைவிடப் பெரிய தோர் அலகு 'ஒளியாண்டு' கற்பிக்கப்பட்டது.

ஒளியாண்டு: ஒளி, ஓராண்டுக் காலத்தில் பயணம் செய்யும் தூரம், ஓர் ஒளியாண்டு என்பது வரையறை.

ஓர் ஒளியாண்டு $= 1,86,000 \times 60 \times 60 \times 24 \times 365 \cdot 25$ மைல்கள் அல்லது $2,97,600 \times 60 \times 60 \times 24 \times 365 \cdot 25$ கிலோ மீட்டர்கள்.

ஒரு விண்மீனிலிருந்து புறப்படும் ஒளி நம் மண்ணுலகை யடைய x ஆண்டுகள் ஆகுமானால், அவ்விண்மீனின் தூரம் x ஒளியாண்டுகள் எனப்படும். x ஒளியாண்டுகள் $= x \times 1,86,000 \times 60 \times 60 \times 24 \times 365 \cdot 25$ மைல்களாகும். கதிரவன், இந்த அலகின்படி $8\frac{1}{3}$ ஒளி நிமிட தூரத்தில் உள்ளது; அதாவது கதிரவனொளி மண்ணுலகை அடைய $8\frac{1}{3}$ நிமிடங் களாகின்றன என்பது இதன் பொருள். ஆனால், விண்மீன்கள், நெபுலங்கள் பல, நூறு, ஆயிரம், பல்லாயிரம் ஒளியாண்டுகள் தூரத்திலுள்ளன எனக் கணக்கிடப்பட்டுள்ளன.

19–4·3. ஒளியாண்டு என்ற அலகைவிட, ஒரு பெரிய அலகு, கதிரவன் மையப் பிழையின் அடிப்படையில் வரையறுக்கப்பட்டு வழக்கி லுள்ளது. அது 'பார்செக்' (Parsec) எனப்படும்.

பார்செக் (வரையறை): ஒரு விண்மீனின் கதிரவன் மையத் தோற்றப்பிழை ஒரு விகலையெனின், அவ் விண்மீன் உள்ள தூரம் ஒரு பார்செக் எனப்படும். அதாவது கதிரவனையும் மண்ணுலகையும் இணைக்கும் கோடு, ஒரு வீண்மீன் குறிக்கும் புள்ளியில் ஒரு விகலை அளவுள்ள கோணத்தைத் தாங்குமாயின், அவ் விண்மீனின் தூரம் ஒரு பார்செக் எனப்படும்.

கதிரவன் மையத் தோற்றப்பிழை $= \dfrac{r}{d}$ ஆரையன்கள்

$$= \frac{r}{d} \times \frac{180}{\pi} \times 60 \times 60 \text{ விகலைகள்}$$

$$= \frac{r}{d} \times 2,06,265 \text{ விகலைகள்}$$

கதிரவன் மையத் தோற்றப்பிழை ஒரு விகலையானுல் $\Pi = \frac{r}{d}$ என்ற வாய்பாட்டில் உள்ள 'd' ஒரு பார்செக்கின் அளவினைக் குறிக்கும். எனவே,

$$1 = \frac{r}{d} \cdot 206265$$

$$\therefore\ d = 206265 r.$$

$r = 93 \times 10^6$ மைல் அல்லது $149 \cdot 5 \times 10^6$ கி.மீ. என எடுத்துக் கொண்டால்,

ஒரு பார்செக் $= 206265 \times 93 \times 10^6$ மைல் அல்லது
$206265 \times 149 \cdot 5 \times 10^6$ கி.மீ.

ஓர் ஒளியாண்டு மதிப்பு 19-4-2-ல் கொடுக்கப்பட்டிருக்கிறது. எனவே,

ஒரு பார்செக் $= \frac{206265 \times 93 \times 10^6}{1,86,000 \times 60 \times 60 \times 24 \times 365 \cdot 25}$ ஒளியாண்டுகள்.
$= 3 \cdot 26$ ஒளியாண்டுகள்.

எனவே, ஓர் 'ஒளியாண்டு' அலகைவிட, ஒரு 'பார்செக்' பெரிய அலகாகக் கிடைக்கிறது. இப்போது 'பார்செக்' அலகின்படி, கதிரவன் மையப்பிழை $0''\cdot 1$, $0''\cdot 01$, $0''\cdot 001$....பெற்ற விண்மீன்களின் தூரங்கள் முறையே 10, 100, 1000......பார்செக் என நாம் காண் கிறோம். பொதுவாக $\frac{1''}{n}$ கதிரவன் மையப் பிழையுள்ள விண்மீனின் தூரம் n 'பார்செக்கு'களாகும்.

19-4-4. எ.கா. (1): ஒரு விண்மீனின் தூரம் 767×10^{12} மைல்கள். அதன் கதிரவன் மையப்பிழை காண்க.

ஆரையன்களில் கதிரவன் மையப் பிழை $= \frac{93 \times 10^6}{767 \times 10^{12}}$

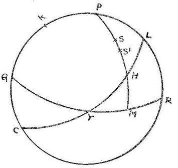
விகலைகளில் அப்பிழை $= 0''\cdot 02502$.

எ. கா. (2): ஒரு படம்கொண்டு, ஒரு குறிப்பிட்ட நடுவரை விலக்க வட்டத்தின் மேலுள்ள விண்மீன்களுக்கு வல ஏற்றப்பிழை இராதென நிறுவுக.

முறைப்படி வானக்கோளம் வரையப்பட்டிருக்கிறது. கதிரவன் நிலை H. PH அப்போது கதிரவன் வழியாக வரையப்படும் நடுவரை விலக்க வட்டம். S என்பது அவ்வட்டத்தின் மேலே இடம்பெறுக்கப் பட்ட விண்மீன் (திட்ட இடம்).

கதிரவன் மையப் பிழை காரணமாக, $SS' = \Pi \sin SM$ என்ற அளவில் S' என்பது அவ் விண்மீனின் தோற்ற இடம். அதனுடைய வல ஏற்றம் மாறுதிருப்பதைப் படத்தில் காண்க.

எனவே, கதிரவன்வழி வரையப்படும் நடுவரை விலக்க வட்டத்தின் மேல் அப்போதுள்ள எல்லா விண்மீன்களுக்கும், கதிரவன் மையப் பிழை காரணமாக, வல ஏற்ற மாற்றம் ஏதும் இராது.



படம் 19–4·4

19–4·5. முதல் முதலாக 1838ஆம் ஆண்டில்தான் கதிரவன் மையத் தோற்றப் பிழை, கருவிகொண்டு அளக்கப்பட்டது. இப்போது, விஞ்ஞான வளர்ச்சியின் காரணமாக, இப் பிழையை மிகநுட்பமாக அளக்கும் கருவிகளும் முறைகளும் வளர்ந்துவிட்டன. பழைய முறையில் அளக்கப்பட்ட சில விண்மீன்களின் பிழைகளும், இன்று மிக நுட்பமாக அளக்கப்பட்ட அளவுகளும் காண்க.

	பிழை	வானியல் அலகியல் தூரங்கள்	நுட்பமாக அளக்கப்பட்ட	
			பிழை	தூரம்
α Centauri (Honderson)	1″·0	2,00,000	0″·758	2,70,000
61 Cygri (Bessel)	0·314	6,40,000	0·300	6,80,000
α Lyral (Strüve)	0·262	7,60,000	0·124	16,60,000

புதுமுறைகளைக் கையாண்ட வானியல் அறிஞர்களின் பெயர்களை அடைப்புகளில் காண்க. மற்றும் விரிவான விவரங்களுக்கு ஜோன்ஸ் பொது வானியல் (Sir H. S. Jones, General Astronomy), பக்கம் 311–316-ல் காண்க.

பயிற்சி 19

1. ஒரு விண்மீனின் கதிரவன் மையப் பிழை $0''\cdot3$. அதன் தூரத்தை (1) பார்செக், (2) மைல், (3) ஒளியாண்டு என்ற அலகுகளில் காண்க.

2. α-சென்டாரை (1)-ன் கதிரவன் மையப்பிழை $0''\cdot75$ ஆனால், அவ் விண்மீனின் தூரத்தை முன்கணக்கில் கொடுக்கப்பட்ட அலகுகளில் கணக்கிடுக.

3. கதிரவன் தூரம் 93×10^6 மைல்கள் எனக்கொண்டு $2''$ கதிரவன் மையப்பிழையுள்ளதொரு விண்மீனின் தொலைவினைக் கணக்கிடுக. அவ்வழியாக (i) $1''$ (ii) $0''\cdot2$ மையப் பிழைகளுள்ள விண்மீன்களின் தொலைவினை அறிக.

4. கதிரவன் புவிமையப் பிழை $9''$; மண்ணுலக விட்டம் 8000 மைல் ; $0''\cdot5$ கதிரவன் மையப் பிழையுள்ள விண்மீனின் தொலைவினைக் கணக்கிடுக.

5. ஒரு விண்மீனின் கதிரவன் மையப் பிழை Π; அதன் அகலாங்கு β. வானக் கோளத்தின்மேல் அவ் விண்மீனின் மீப்பெரு, மீச்சிறு இடப் பிறழ்ச்சி 2Π, $2\Pi \sin\beta$ என நிறுவுக.

6. ஒரு விண்மீனிலிருந்து ஒளி வந்துசேர 100 ஆண்டுகளாகின்றன. அவ் விண்மீனின் கதிரவன் மையப் பிழை என்ன ?

7. $0''$ 75 கதிரவன் மையப் பிழையுள்ள ஒரு விண்மீனிலிருந்து ஓர் ஒளிக்கதிர் மண்ணுலகம் வந்து சேர எத்தனை ஆண்டுகளாகும்? (ஒளி வேகம் விநாடிக்கு 1,86,000 மைல்கள்.)

8. மூன்று விண்மீன்களின் கதிரவன் மையப் பிழைகள் முறையே $0''\cdot4$, $0''\cdot02$, $0''\cdot005$. அவற்றின் தூர விகிதங்களென்ன ?

20. ஒளிப் பிறழ்ச்சி

(Aberration)

20–0. மண்ணுலகம் கதிரவனைச் சுற்றிவரும் இயக்கத்தின் விளைவாக, விண்மீனிலிருந்து மண்ணுலகத்திற்கு வரும் ஒளிக்கதிரின் திசை ஒரு சிறு பிறழ்ச்சியடைகிறது. இவ்வொளிப் பிறழ்ச்சி ஏற்படுவதை முதல் முதலாகக் கண்டறிவித்தவர் பிராட்லி என்ற வானியல் அறிஞர்; அறிவித்த ஆண்டு கி.பி. 1725.

20–1. இவ்விதமான விண்மீன் ஒளிப் பிறழ்ச்சி ஏற்படுவதற்குக் காரணம் பின்கூறப்படும் எடுத்துக்காட்டால் விளங்கும்.

காற்றடிக்காமல் மழை தரையிலே செங்குத்தாகப் பெய்துகொண்டிருக்கும் சமயம், ஒருவன் ஓர் இடத்தில் நிலைத்து நின்றுகொண்டு, தான் நனையாமலிருக்க வேண்டுமாயின், குடையைச் செங்குத்தாகப் பிடிக்கவேண்டும். ஆனால், அவன் அப்போது ஏதேனும் ஒரு திசை நோக்கி நடக்க முற்பட்டால், தான் நனையாதிருக்க, அவன் அக்குடையை, தான் செல்லும் பக்கம் சாய்த்துப் பிடிக்கவேண்டும் என்பதை நாம் நடைமுறையில் காண்கிறோம். அவன் செல்லும் வேகம் அதிகரித்தாலும் சரி, காற்றடித்து மழை சாய்வாக விழுந்தாலும் சரி, அவன் குடையை மேலும் சாய்த்துப் பிடித்தால்தான், நனையாமலிருக்க முடியும். இயக்க இயலில், இதன் அடிப்படைத் தத்துவத்தினைச் சார்வேகம் (Relative Velocity) என்ற பகுதியில் காணலாம்.

வெக்டர் முறைப்படி முன்கூறிய விளைவுகளைப் பார்ப்போம்.

$\overline{OC}$ – மழை வேகம் எனவும்,

$\overline{OA}$ – நடப்பவன் வேகம் எனவும் காண்க.

$\overline{OD} = -\overline{OA}$ எனக் கொள்க படம் (20–1).

மழை வேகத்திற்கும் நடப்பவன் வேகத்திற்கும் $\overline{OD}$ கூட்டுவதால், நடப்பவனையொட்டி மழையின் சார்வேகம் மாறுது. ஆனால்,

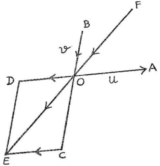
$\overline{OD}+\overline{OA}=0$; அதாவது நடப்பவனை நிலைக்கச் செய்துவிட்டோம். நிலைத்த மனிதனுக்கு இப்போது மழையின் வேகம்

$$= \overline{OC}+\overline{OD}$$
$$= \overline{OC}+\overline{CE}=\overline{OE}$$

∴ நடப்பவனையொட்டி மழையின் சார்வேகம் $= \overline{OE}$. எனவே, நடப்பவன் OF என்ற திசையில் குடையைப் பிடிக்கவேண்டும்.

$\overline{OE}=\overline{OC}+(-\overline{OA})$ எனவும் எழுதலாம்.

∴ சார்வேகம் = மழை வேகம் $(\overline{OC})$ +



படம் 20-1

நடப்பவனின் சம எதிர்வேகம் $(-\overline{OA})$ என்ற தேற்றம் பெறப்படுகிறது. பொதுவாக A, B என இரு இயங்கு பொருள்களில் A-ன் வேகம் $\overline{OA}$; B-ன் வேகம் $\overline{OB}$ எனக் கொண்டால்,

Aஐ ஒட்டி B-ன் சார்வேகம் $= \overline{OB}+(-\overline{OA})$

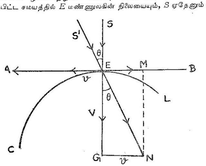
அவ்வாறே Bஐ யொட்டி A-ன் சார்வேகம் $= \overline{OA}+(-\overline{OB})$

குறிப்பு : $\overline{OB}+(-\overline{OA})=-[\overline{OA}+(-\overline{OB})]$ எனக் காண்க. இந்த அடிப்படையில் ஒளிப் பிறழ்ச்சியை விளக்கலாம்.

20-2. மண்ணுலகில் உள்ள ஒரு காட்சியாளன் விண்மீனிலிருந்து ஒரு நேர்கோட்டுத் திசையில் ஒளிக்கதிர் வருவதைப் பார்க்கிறான். அவன் இருக்குமிடம் நிலைத்ததாயின், அதுவே அவ்வொளி

வரும் சரியான திசையாகும். அதுவே அவ்விண்மீனின் சரியான திசையுமாகும். ஆனால், மண்ணுலகம் கதிரவனைச் சுற்றி இயங்குவதால், அவன் இருக்குமிடம் நிலையானதன்று. எனவே, அவன் ஒளிக் கதிரைக் காணும் திசை யாதெனின், மண்ணுலக வேகத்தை யொட்டி, ஒளிக்கதிரின் சார்வேகத் திசையாகும். அச் சார்வேகத் திசையில்தான் அவன் அவ் விண்மீனைத் திசைகுறிக்க முடியும். ஒளிக்கதிரின் சரியான திசைக்கும், அவன் அவ்வொளிக்கதிரைக் காணும் திசைக்கும் உள்ள வேறுபாடு ஒளிப்பிறழ்ச்சி (அளவு) எனப்படும்.

20–2 1. ஒளிப்பிறழ்ச்சி அளவு வாய்பாடு காணல்: ஒரு குறிப்பிட்ட சமயத்தில் E மண்ணுலகின் நிலையையும், S ஏதேனும் ஒரு



படம் 20–2·1

விண்மீனையும் குறிக்கட்டும். SE விண்மீனின் ஒளிக்கதிர் மண்ணுலகிற்கு வரும் சரியான திசையைக் குறிக்கும். அவ்வொளியின் வேகம் V எனக் கொள்வோம்.

CL மண்ணுலக இயங்குபாதையானல், அச்சமயத்தில் E-ன் வேகம், CL-க்கு E-ல் வரையப்படும் தொடுவரையான EA என்ற திசையில் இருக்கும். E-ன் வேகம் v எனக் கொள்வோம்.

இப்போது E-ன் வேகத்தையொட்டி, ஒளிக்கதிரின் சார்வேகம், முன் குறிப்பிட்டபடி, ஒளிக்கதிர் வேகத்தோடு, மண்ணுலகின் நேர் எதிர் வேகத்தை வெக்டர் விதிப்படி கூட்டிப் பெறப்படும், $S'EN$ என்ற திசைக் கோட்டிலமையும். [இணைகர விதிப்படி என்று கூறினும்

இரண்டும் ஒன்றேதான். $\overline{EM}=v$; $\overline{EG}=V$; $EMNG$ இணைகரம்.] எனவே, E-யிலுள்ள காட்சியாளனுக்கு அவ் விண்மீனொளி வரும் திசை $S'EN$; அவ்வொளிவரும் சார்வேகம் EN என்ற அளவால் குறிக்கப் படும்.

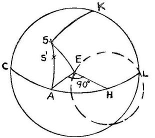
ஆகவே, E-ன் இயக்கத்தால் ஏற்படும் ஒளிப்பிறழ்ச்சி $=\angle S'ES$. இதன் அளவை மதிப்பிடுவோம். அதற்கு முன்பாக வேறு சில வரையறைகளும் விளக்கங்களும் பார்ப்போம்.

EA-ன் நீட்டல் வானக் கோளத்தைத் தொடும் இடம் A எனக் கொள்வோம். இப்புள்ளி A என்பது மண்ணுலக வழிமுனை (Apex of the Earth's way) எனப்படும். மண்ணுலகம் கதிரவனைச் சுற்றி ஒரு சரியான வட்டத்தில் இயங்குகிறது எனக் கொண்டு, H, அவ்வட்ட மையமான கதிரவனை இடங்குறிக்குமாயின்,

(1) மண்ணுலகம் அத்தருணத்தில் இயங்கும் திசை EA என்ற தொடுவரையாகவும்,

(2) EH வட்ட ஆரமாகி EA-க்குச் செங்குத்தாகவும் இருக்கும்.

இவ்வியக்கத்தை வானக் கோளத்தின்மேல் பொருத்திப் பார்ப் போம்.



படம் 20–2·1

படம் 20–2·1-ல் E என்பது (மண்ணுலகம்) வானக் கோள மையம்;

CL கதிரவன் பாதை;

CL-ன் மேல் கதிரவன் H அச்சமயத் தோற்றம்.

H மையங்கொண்டு, HE ஆரமுள்ள வட்ட வரையின்மேல் E இயங்குகிறது (உடைந்த வட்ட வரைகோடுகள்).

EA என்பது E-ல் மண்ணுலகப் பாதைக்குத் தொடுவரை ;

எனவே $AE \perp$ ஆரம் EH ; எனவே, இதன் பொருள் $\angle AEH = 90°$ என்பதாகும். இதையொட்டி வில் $AH = 90°$ எனப் பெறப்படுகிறது.

ஆகவே, A எனக் குறிப்பிட்ட மண்ணுலக வழிமுனை, கதிரவன் பாதையில், கதிரவனுக்குப் பின்தள்ளி, 90° தூரத்திலிருக்குமெனப் புலப்படுகிறது.

நிறுக,

படம் 20–2·1-ல் பின் வருவனவற்றைக் கவனிக்கவும்.

முக்கோணம் EGN-ல்

$$\frac{v}{\sin GEN} = \frac{V}{\sin GNE}$$

$$\therefore \frac{\sin GEN}{\sin GNE} = \frac{v}{V}$$

$$\therefore \sin GEN = \frac{v}{V} \sin GNE$$

v-ன் மதிப்பு விநாடிக்கு ஏறக்குறைய 18·5 மைல்கள்.

V-ன் மதிப்பு விநாடிக்கு 1,86,000 மைல்கள். எனவே, கோணம் GEN மிகச் சிறியதாகும். அக் கோணத்தை θ எனக் குறிப்பிட,

$$\sin \theta = \frac{v}{V} \sin AES' \quad (\because \angle GNE = \angle AES')$$

$$= \frac{v}{V} \sin (AES - \theta)$$

$\therefore$ தோராயமாக ஆரையனளவில்,

$$\theta = \frac{v}{V} \sin AES \qquad (1)$$

(ஏனெனில் $\frac{v}{V}$-ம் சிறிது. θ-ம் சிறிது

இங்கு $\frac{v}{V}$ ஒரு மாறிலி

$$\kappa = \frac{18 \cdot 5}{1,86,000} \sim \frac{1}{10,000}$$

$$\therefore \theta = \kappa \sin E \qquad (2)$$

எனப் பெறப்படுகிறது.

$\angle AES = \angle E$ எனக் குறிப்பிடுவோம். $\angle E$ என்பது அவ் விண் மீனின் மண்ணுலக வழி எனப்படும்.

$\therefore$ ஒளிப் பிறழ்ச்சி $\theta = \kappa \sin$ (விண்மீனின் மண்ணுலக வழி) என்ற வாய்பாடு ஆரையன் அலகில் கிடைக்கிறது.

κ என்பது ஒளிப் பிறழ்வு மாறிலி எனப்படும். அதன் மதிப்பு ஏறக்குறைய $\frac{1}{10000}$ ஆரையன் $= 20''\cdot 47$.

20·2·2. ஒளிப் பிறழ்ச்சியின் விளைவாக, S என்ற விண்மீனின் நிலை எப்படி மாறித் தோற்றமளிக்கிறதெனின், விண்மீனிலிருந்து வரும் ஒளிக்கதிர்த் திசை, தன் இயல்பான திசையிலிருந்து மண்ணுலக வழிமுனைப் பக்கமாக $\theta\ (= \kappa \sin E)$ அளவு சாய்கிறது.

வானக் கோளத்தின்மேல், இதைப் பொருத்திப் பார்ப்போம்.

படம் 20–2·1-ல் S என்பது A பக்கமாக $\kappa \sin SEA$ அளவு சாய்கிறது.

$$\angle SEA = \text{வில் } SA.$$

எனவே, SAஐ ஒரு பெரு வட்டத்தால் இணைத்து, SA-ன்மேல் $SS' = \kappa \sin SA$ என்ற சமன்பாட்டுக்குப் பொருந்துமாறு S' என்ற புள்ளியை இடங்குறித்தால், S' என்பது ஒளிப் பிறழ்வின் காரணமாக S என்ற விண்மீனின் தோற்றநிலை.

எனவே, S என்ற ஒரு விண்மீனின் தோற்றநிலை காண,

(1) கதிரவன் பாதையில் H எனக் கதிரவனின் இடங்குறித்து,

(2) H-க்குப் பின்னால் கதிரவன் பாதை CL-ல் $HA = 90°$ என்ற அளவில் இடங்குறித்து,

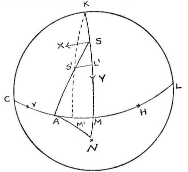
(3) S-யும் A-யும் ஒரு பெரு வட்ட வில்லால் இணைத்து,

(4) SA-ன் மேல் $SS' = \kappa \sin SA$ என்னும் சமன்பாட்டின்படி, S' என்ற தோற்ற நிலையை வானக் கோளத்தின்மேல் குறிக்கலாம்.

20–3. ஒளிப் பிறழ்ச்சி காரணமாக ஒரு விண்மீனின் அக லாங்கு, நெட்டாங்கில் ஏற்படும் மாறுபாடுகள் காணல்

படம் 20–3-ல், முறைப்படி கதிரவன் பாதை CL; K அதன் குருவம். கதிரவன் பாதையின்மேல் H கதிரவனிடம். H-க்குப் பின்னால் $90°$ தள்ளி A என்ற மண்ணுலக வழிமுனை. S என்பது ஒரு விண்மீன். SA என்பது ஒரு பெரு வட்டவில்லால் இணைக்கப்பட்டு

$SS' = K \sin SA$ என்னும் வகையில் S' என்பது விண்மீனின் தோற்ற நிலை. S' வழியாகக் கதிரவன் பாதை CL-க்கு இணையாக $S'L'$ வரைக.



படம் 20-3

S, S' வழியாகக் கதிரவன் பாதை CL-க்கு முறையே KM, KM' என்ற துணைக் குத்துவட்டங்கள் வரைக. விண்மீன் S'-ன் தோற்ற ஆயத் தொலைகள் (λ, β) ஆனால், $\gamma M' = \lambda$, $S'M' = \beta$. கதிரவனின் அன்றைய நெட்டாங்கு $\odot$ எனக் கொள்வோம். அப்போது,

$$\begin{aligned} AM' &= \gamma M' - \gamma A \\ &= \gamma M' - (\gamma H - AH) \\ &= \lambda - (\odot - 90°) \\ &= 90 + \lambda - \odot \\ \gamma A &= \gamma H - 90°. \\ &= \odot - 90° \end{aligned}$$

சரியான நெட்டாங்கு

$$\begin{aligned} \gamma M &= \gamma M' + M'M \\ &= \lambda + \Delta\lambda \text{ எனவும்,} \end{aligned}$$

சரியான அகலாங்கு

$$\begin{aligned} MS &= M'S' + L'S \\ &= \beta + \Delta\beta \text{ எனவும் கொள்க.} \end{aligned}$$

இப்போது $\Delta\lambda$, $\Delta\beta$ என்பவை ஒளிப் பிறழ்ச்சி காரணமாக வான நெட்டாங்கிலும், அகலாங்கிலும் ஏற்படும் பிழைகளாகும்.

$SN = 90°$ இருக்குமாறு SMஐ N-க்கு நீட்டவும். NAஐ ஒரு பெரு வட்டவில்லால் இணைக்கவும். கோள முக்கோணம் $SL'S'$-ன் பக்கங்கள் மிகச் சிறியதாதலின் அம் முக்கோணத்தை ஓர் ஒருதள முக்கோணமாக எடுத்துக்கொள்ளலாம். மேலும் $\angle S'SL' = \Psi$ எனக் கொள்க.

படம் 20·3-ல் $M'M = \Delta\lambda$; $SL' = \Delta\beta$ என்பவை முறையே விண்மீனின் நெட்டாங்கு அகலாங்குகளில் ஒளிப்பிறழ்ச்சி காரணமாக ஏற்படும் மாறுதல்களாகும் (பிழைகளாகும்).

முக்கோணம் $S'L'S$-ல்,

$$\Delta\beta = SL' = SS' \cos\Psi$$

$$= K \sin SA \cos \Psi \qquad (1)$$

$$L'S' = SS' \sin \Psi$$

$$= K \sin SA \,.\, \sin \Psi$$

$$\therefore \Delta\lambda = M'M = K \sin SA \sin \Psi \sec \beta \qquad (2)$$

கோள முக்கோணம் SNA-ல்,

$$\cos AN = \cos SN . \cos SA + \sin SN \sin SA \cos \Psi$$

$$= \sin SA . \cos \Psi \, [\because SN = 90°] \qquad (3)$$

கோள முக்கோணம் MAN-ல், $\angle AMN = 90°$.

$$\therefore \quad \cos AN = \cos NM \cos AM$$

$$= \cos (90 - MS) \cos AM$$

$$= \sin MS \cos AM$$

$$= \sin MS \cos (AM' + M'M)$$

$$= \sin (\beta + \Delta\beta) \cos (90 + \lambda - \odot + \Delta\lambda)$$

$\therefore$ (1)-ன் படி,

$$\Delta\beta = K \sin SA \cos\Psi$$

$$= K \cos AN \text{ [(3)-ன் படி]}$$

$$= K \sin (\beta + \Delta\beta) \cos (90 - \overline{\odot - \lambda - \Delta\lambda})$$

$$= K \sin (\beta + \Delta\beta) \sin (\odot - \overline{\lambda + \Delta\lambda})$$

$$= K \sin \beta . \sin (\odot - \lambda) \text{ தோராயமாக } (4)$$

(ஏனெனில் K, $\Delta\beta$, $\Delta\lambda$ மூன்றும் மிகச் சிறியவை)

கோள முக்கோணம் ASM-ல்

$$\frac{\sin SA}{\sin 90} = \frac{\sin AM}{\sin \Psi}$$

$$\therefore \quad \sin SA \sin \Psi = \sin AM$$
$$= \sin (AM' + M'M)$$
$$= \sin (90 - \overline{\odot - \lambda - \Delta\lambda})$$
$$= \cos (\odot - \lambda + \overline{\Delta\lambda}) \quad (5)$$

எனவே (2), (5)-லிருந்து,

$$\Delta\lambda = K \sin SA \sin \Psi \sec \beta$$
$$= K \cos (\odot - \lambda) \sec \beta \text{ (தோராயமாக)} \quad (6)$$

எனவே $\Delta\beta = K \sin \beta \sin (\odot - \lambda)$

$$\Delta\lambda = K \cos (\odot - \lambda) \sec \beta$$

என்ற பிழைதிருத்தங்கள் பெறப்படுகின்றன.

20-3·1. ஒளிப்பிறழ்ச்சி காரணமாக விண்மீன் நிலையில் மாற்றம் ஏற்படும்; ஓராண்டில் அத்தோற்ற நிலையின் இயங்குவழி உண்மை நிலையைச் சுற்றி ஒரு நீள்வட்டமென திறுவுதல் :

S வழியாகக் கதிரவன் பாதைக்கு இணையாக SX என்ற கோடு வரைக. S வழியாக உள்ள இரு செங்குத்துக் கோடுகள் SX, SMஐ முறையே, X, Y அச்சுகளாக எடுத்துக் கொள்க. அப்போது S-ன் ஆயத் தொலைகள் (x, y) எனக் கொண்டால்,

$$x = L'S' = K \cos (\odot - \lambda) \quad (7)$$
$$y = SL' = K \sin \beta \sin (\odot - \lambda) \quad (8)$$

x-ம் y-ம் கதிரவன் நெட்டாங்கு $\odot$-ன் சார்பாகப் பெறப்படும் சமன்பாடுகளாகும். ஓராண்டில் $\odot$-ன் மதிப்பு $0°$-லிருந்து $360°$ வரை மாறுகிறது. இம் மதிப்பு மாறமாற S-ன் நிலையும் வெவ்வேறுகிறது. எனவே, S'-ன் இயங்குவழியைப் பெறச் சமன்பாடுகள் (7), (8)-லிருந்து $\odot$ஐ நீக்கிப் பெறப்படும் சமன்பாடு,

$$\frac{x^2}{K^2} + \frac{y^2}{K^2 \sin^2 \beta} = 1$$

இச் சமன்பாடு ஒரு நீள்வட்டத்தின் சமன்பாடாகும். அந் நீள் வட்டத்தின் பேரச்சின் நீளம் $2K$. சிற்றச்சின் நீளம் $2K \sin \beta$. அந் நீள்வட்டத்தின் குவிமையப் பிறழ்வு e எனக் கொண்டால்

$$K^2 \sin^2 \beta = K^2(1 - e^2)$$
$$\therefore \; e^2 = 1 - \sin^2 \beta$$
$$= \cos^2 \beta$$
$$\therefore \; e = \cos \beta$$

விண்மீன் கதிரவன் பாதையின் ஒரு துருவத்தில் இருக்குமானல் $p = 90°$. அப்போது தோற்ற விண்மீனின் இயங்குவழி

$$\frac{x^2}{K^2} + \frac{y^2}{K^2} = 1$$

அதாவது $x^2 + y^2 = K^2$

இயங்குவழி துருவத்தைச் சுற்றி K ஆரங்கொண்ட ஒரு வட்டமாகிறது. விண்மீன் கதிரவன் பாதையின்மேல் இருக்குமானல் $\beta = 0°$. அப்போது தோற்ற விண்மீனின் இயங்குவழி,

$$x^2 \sin^2 \beta + y^2 = K^2 \sin^2 \beta. \quad (\beta = 0)$$

அதாவது $y^2 = 0$ அல்லது $y = 0$

அதாவது இயங்குவழி கதிரவன் பாதையிலேயே ஒரு சிறு கோடாகும்; கதிரவன் பாதையில் S-க்கு இரு பக்கமும் K அளவிற்குள் ஊசலாடும்.

குறிப்பு: கதிரவன் மையப்பிழை என்ற பிரிவில் 19–3-ல் பெற்ற முடிவுகளில் $\odot$-க்குப் பதிலாக $(\odot - 90)$ ஈடு செய்தால், ஒளிப் பிறழ்ச்சிக் குரிய நெட்டாங்கு, அகலாங்கில் திருத்தங்கள் பெறலாம். இதைப் பயிற்சியாகக் கொள்க.

20–4. கதிரவன் மையத் தோற்றப் பிழை விளைவுகள்—ஒளிப் பிறழ்ச்சி விளைவுகள்—ஒப்பீடு :

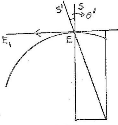
கதிரவன் மையத் தோற்றப் பிழை விளைவுகள்	ஒளிப்பிறழ்ச்சி விளைவுகள்
(1) மண்ணுலகு—கதிரவன் இவை களுக்குள்ள இடைவெளியால் ஏற்படுகிறது. மண்ணுலக இயக் கமே இதற்கு அடிப்படை.	மண்ணுலக இயக்கத்தால் ஏற் படுகிறது.
(2) விண்மீன் கதிரவன் நோக்கி $\prod \sin E$ இடம் பெயர்கிறது.	விண்மீன் மண்ணுலக வழிமுனை நோக்கி $K \sin$ (மண்ணுலக வழி) இடம் பெயர்கிறது.
(3) நிலைமாற்றத்தால் ஏற்படும் தோற்றநிலையின் இயங்குவழி உண்மை நிலையைச் சுற்றி ஒரு நீள்வட்டமாகிறது.	நிலைமாற்றத்தால் ஏற்படும் தோற்றநிலையின் இயங்குவழி உண்மை நிலையைச் சுற்றி ஒரு நீள்வட்டமாகிறது.
(4) இடப் பெயர்ச்சியின் கால வட்டம் ஓராண்டு.	இடப்பெயர்ச்சியின் காலவட்டம் ஓராண்டு.
(5) இம் மதிப்பு மண்ணுலகு—கதிரவன் இவைகளுக்குள்ள இடைவெளியைப் பொறுத்தது.	$K = \frac{v}{V}$ எனவே ஒரு மாறிலி.

20–5. தினசரி ஒளிப்பிறழ்ச்சி (Diurnal Aberration): இதுவரை நாம் பார்த்தது, மண்ணுலகம் கதிரவனைச் சுற்றிவருவதன் விளைவாக ஏற்படும் ஒளிப் பிறழ்ச்சி. இப் பிறழ்ச்சியை ஆண்டொளிப் பிறழ்ச்சி (annual aberration) எனவும் நாம் கூறுவதுண்டு.

ஆனால், மண்ணுலகிற்கு மற்றோர் இயக்கம் உண்டு. நாள்தோறும் அது தன் துருவ அச்சு மையங்கொண்டு தன்னைத்தானே சுற்றி வருகிறது. இதன் விளைவாகவும், காட்சியாளன் இருக்குமிடம் நிலை மாறுவதால், ஒளிப்பிறழ்ச்சி யேற்பட ஏதுவுண்டு. அவ்விதமாக மண்ணுலகத் தினசரிச் சுழற்சியால் ஏற்படும் ஒளிப் பிறழ்ச்சிக்குத் ‘தினசரி ஒளிப் பிறழ்ச்சி’ எனப்பெயர்.

மண்ணுலகத் தினசரிச் சுழற்சியின் விளைவாக, மண்ணுலக நடு வரை ($\phi = 0$) மேலுள்ள ஓர் இடத்திலிருக்கும் காட்சியாளன், மேற்கி லிருந்து கிழக்குத் திசையில் விநாடிக்கு $\frac{2 \times 3960 \times 3 \cdot 14}{24 \times 60 \times 60} = 0 \cdot 3$ மைல் (அல்லது ஏறக்குறைய விநாடிக்கு 480 மீட்டர்) வேகத்தில் செல்கிறான். அவன் ϕ என்ற அகலாங்குள்ள இடத்திலிருப்பின் அவனுடைய வேகம் விநாடிக்கு $0 \cdot 3 \cos \phi$ மைல் என்ற அளவிற்குக் குறைந்துவிடும். இவ் வேகம் கிழக்குப் புள்ளிப் பக்கமாக இருக்கிறது என நாமறிவோம்.

எனவே, தினசரி இயக்கத் தைப் பொறுத்தவரை மண்ணுலக வழியினை E_1 என்ற கிழக்குப் புள்ளியாகும். முன் நாம் கண்ட விதமாகவே, S என்ற ஒரு விண் மீனின் ஒளிப்பிறழ்ச்சி $\theta' = \frac{0 \cdot 3}{1,86,000} \sin SEE_1$ ஆரையன் அளவாகும். இது மிகமிகச் சிறி தெனத் தெரிகிறது (படம் 20–5 காண்க). இதன் விளைவாக, விண் மீனின் தோற்றம் சற்றுக் கிழக்குப் பக்கம் விலகும். விண்மீன் உச்சி கடக்கும் காலம் சற்றுத் தாமத மாகும். ஆனால், உச்சித் தூரம் மாறாது. ϕ என்ற அகலாங்கிலுள்ள இடங்களில் இப் பிறழ்ச்சியின் மதிப்பு



படம் 20–5

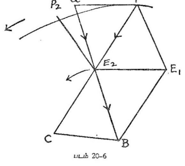
$$= \frac{0 \cdot 3}{1,86,000} \cos \phi \sin SEE_1 \text{ ஆகும்.}$$

ஒளிப் பிறழ்வு மாறிலி $k' = \frac{0 \cdot 3}{1,86,000}$

$= 16 \times 10^{-7}$ அல்லது ·0000016.

20–6. கோள் ஒளிப்பிறழ்ச்சி (Planetary Aberration): எல்லாக் கோள்களும் கதிரவனைச் சுற்றி வெவ்வேறு வேகங்களில் (வட்டப் பாதையில்) சுழன்றுவருகின்றன. உட்கோள்கள் வேகம் மண்ணுலக வேகத்தைவிட மிகுதியெனவும், புறக்கோள்கள் வேகம் மண்ணுலக வேகத்தைவிடக் குறைவெனவும் நாம் 15–3–ல் பார்த்தோம்.

இப்போது ஒரு கோளும், மண்ணுலகமும் கதிரவனைச் சுற்றி இயங்கி வரும்போது, ஒரு கோளினின்று வரும் ஒளிக்கதிர் பிறழ்ச்சியடையும். அப் பிறழ்ச்சியின் தன்மையைப் பார்ப்போம்.



படம் 20–6

படம் 20–6-ல், ஒரு குறிப்பிட்ட சமயத்தில் E_1 என்பது மண்ணுலகமிருக்குமிடம் ; P_1 என்பது அதே சமயத்தில் ஒரு கோளிருக்குமிடம். P_1-லிருந்து புறப்படும் ஒளிக்கதிர் மண்ணுலகம் வந்து சேர t விநாடிகள் ஆகிறது எனக் கொள்வோம். அந்த t விநாடிகளில் E_1 என்பது E_2-க்கும் P_1 என்பது P_2-க்கும் நகர்ந்துவிட்டிருக்கும். எனவே, E_2என்ற இடத்தில் உள்ள காட்சியாளனுக்கு, t விநாடிகளுக்கு முன்னால் P_1-லிருந்து புறப்பட்ட ஒளிக்கதிர் தெரியும். அதாவது, E_2-ல் அவன் பார்க்கும் ஒளிக்கதிர் அப்போது உள்ள கோள்நிலையான P_2-லிருந்து

புறப்பட்டதன்று; P_1-லிருந்து புறப்பட்ட கதிர்தான் தெரியும். P_1-லிருந்து t விநாடிகளுக்குமுன் புறப்பட்ட கதிர் E_2-ல் தெரியும்போது, E_2 என்பது v என்ற வேகத்தில் போய்க்கொண்டிருக்கும். எனவே, அவ்வொளிக் கதிரின் சார்வேகம் $\overline{E_2C}$ (ஒளிக்கதிர் வேகம்) + மண்ணுலகின் நேரெதிர் வேகமான $\overline{E_2E_1} = \overline{E_2B}$ என்ற திசையிலிருந்து வருவதுபோல் தோற்றமளிக்கும். ஆனால், அப்போது கோள் இருக்குமிடம் P_2.

∴ ஒளிப் பிறழ்ச்சி $= \angle QE_2P_2$ (இங்கு BE_2-ன் நீட்டல் E_2Q எனக் கொள்க). இதுவே அக்கோளின் ஒளிப் பிறழ்ச்சி யெனப்படும்.

படத்தில் பார்த்தால், கோளிலிருந்து ஒளியானது மண்ணுலகம் வர t விநாடிகள் ஆகுமானால், ஒரு குறிப்பிட்ட தருணத்தில் அக்கோளின் தோற்றத் திசை, t விநாடிகளுக்குமுன் அதன் சரியான திசைக்கு இணையாக இருப்பது தெரியும். அதாவது,

$$QE_2B \parallel P_1E_1$$

பயிற்சி 20

1. ஒளிப் பிறழ்ச்சியினால் பாதிக்கப்படாத விண்மீன்களின் இடமென்ன?

குறிப்பு: மண்ணுலக முனையிலுள்ள, அதாவது, A-ல் ்உள்ள விண்மீன்கள் பாதிக்கப்படாது. மேலும், A-க்கு நேரெதிரில் கதிரவன் பாதையிலுள்ள விண்மீன்களும் பாதிக்கப்படாது.

2. ஒளிப் பிறழ்ச்சியினால் அகலாங்கில் மட்டும் பிறழும் விண்மீன்களின் இடமென்ன?

குறிப்பு: A-யோடு கதிரவன் பாதை துருவம் Kஐ இணைக்கும் துணைவட்டத்திலுள்ள விண்மீன்கள் அகலாங்கில் மட்டும் பிறழும்.

3. ஒரு குறிப்பிட்ட சமயத்தில் ஒரு குறிப்பிட்ட நடுவரை விலக்க வட்டத்தின் மேலுள்ள விண்மீன்களின் வல ஏற்றங்கள் ஒளிப் பிறழ்ச்சியினால் பாதிக்கப்படாதெனப் படம் வரைந்து நிறுவுக.

குறிப்பு: நடுவரை துருவம் P யோடு Aஐ இணைக்கும் பெரு வட்டத்தின் மேலுள்ள விண்மீன்கள்.

4. கதிரவன் மையப்பிழை காரணமாகவும், ஒளிப் பிறழ்ச்சி காரணமாகவும் ஒரு விண்மீனின் தோற்றப் பாதைகளான நீள்வட்டங்கள் ஒத்த வடிவுடையனவெனவும், இணையான தளங்களில் அமைகின்றனவெனவும் நிறுவுக.

குறிப்பு: இரண்டிற்கும் குவிமையப் பிறழ்வு $\cos\beta$ அமையும் தளங்கள், கதிரவன் பாதையின் தளத்திற்கு இணையானவை.

5. மேற்கூறிய (4)-வது கணக்கில் அவ்விரு நீள்வட்டங்களின் பேரச்சுகள் $2\pi d : 1$ என்ற விகிதத்திலுள்ளனவென நிறுவுக. d என்பது ஒளியாண்டலகில் அவ்விண்மீன் தூரமெனக் கொள்க.

6. ஒரே அகலாங்கு β உள்ள இரு விண்மீன்களுக்கிடைப்பட்ட கோண தூரம் θ; அவற்றின் நெட்டாங்குகளின் கூட்டுத்தொகை 2λ. ஒளிப் பிறழ்ச்சி காரணமாக 'θ'-வில் ஏற்படும் மாறுதல்,

$$2\kappa \tan\frac{\theta}{2}\sin(\lambda-\odot)\left(\cos^2\beta-\sin^2\frac{\theta}{2}\right)^{1/2}$$

என நிறுவுக.

7. ஒளிப் பிறழ்வு மாறிலி κ; ஒளிவேகம் c; புவிஈர்ப்பு மாறிலி G; கதிரவன் பொருண்மை M; மண்ணுலக நீள்வட்டப் பாதையின் செவ்வகலம் $2l$. அப்போது

$$G\,.\,M = l\kappa^2c^2 \text{ என நிறுவுக.}$$

8. ஒளி, கதிரவனிலிருந்து மண்ணுலகம் வர 8 நிமி. 20விநாடிகள் ஆனால், ஒரு விண்மீனுக்கு இருக்கக் கூடிய மீப்பெரு ஒளிப் பிறழ்ச்சி ஏறக்குறைய $20''{\cdot}5$ என நிறுவுக.

9. ஒளிப் பிறழ்ச்சி காரணமாக, ஒரு விண்மீனின் அகலாங்கு, நெட்டாங்குப் பிழைகள் சமமெனின் $\sin^2\beta = 2\cot(\odot-\lambda)$ என நிறுவுக. [$(\lambda, \beta, \odot)$ மரபுப்படியுள்ள குறியீடுகள்.]

10. ஒளிப் பிறழ்ச்சி காரணமாக S என்ற விண்மீனின் தோற்ற இடம் மூன்று மாத இடைவெளியில் முதலில் S'; மூன்று மாதத்திற்குப் பின்பு S''. தோற்றஇடப் பாதையான நீள்வட்டத்தில் SS'-ம் SS''-ம் துணையியவிட்டங்கள் (conjugate diameters) என நிறுவுக.

படம் 20–3-ல்

$$SS'^2 = SL'^2 + S'L'^2$$
$$= \kappa^2[\sin^2\beta\sin^2(\odot-\lambda)+\cos^2(\odot-\lambda)]$$

மூன்று மாதங்களுக்குப் பின்பு, கதிரவன் நெட்டாங்கு $(\odot+90°)$. எனவே,

$$SS''^2 = \kappa^2[\sin^2\beta\sin^2(90°+\odot-\lambda)+\cos^2(90+\odot-\lambda)]$$
$$= \kappa^2[\sin^2\beta\cos^2(\odot-\lambda)+\sin^2(\odot-\lambda)]$$

$$\therefore\ SS'^2+SS''^2 = \kappa^2\sin^2\beta+\kappa^2$$
$$= (\text{அரைச் சிற்றச்சு})^2+(\text{அரைப் பேரச்சு})^2$$

$\therefore$ SS'-ம் SS''-ம் இரு துணையிய விட்டங்களாகின்றன.

11. மேற்கூறிய முடிவு, கதிரவன் மையப் பிழைக்கும் பொருந்துமென அதே முறைப்படி நிறுவுக.

21. விண்மீன்கள்—பேரண்டம்
(The Stars—The Universe)

21–0. விண்வெளியில் எத்தனையோ விண்மீன்களைப் பார்க்கிறோம். சில ஒளி மிகுந்தும் சில ஒளி குறைவாகவும் காட்சியளிக்கின்றன. நிறங்களில் அவை வேறுபட்டிருக்கின்றன. சில கூட்டம் கூட்டமாகவே இணைபிரியாது தோன்றுகின்றன. இவைபற்றி இது வரை வானியல் அறிஞர்கள் கண்டு கூறிய சில முடிவுகளை இப்பகுதியில் பார்ப்போம்.

21–1. விண்மீன்களின் நகர்ச்சி (Motion of the Stars): வானியலறிந்த நம் முன்னோர்கள் விண்மீன்கள் 'நிலைத்த இடத்திலிருப்பவை' (fixed stars) எனவே ஏற்றுக்கொண்டனர். ஏனெனில், அவை கோள்கள்போல எவ்வழியிலும் இயங்குவதாகவே தெரியவில்லை. விண்மீன்களுக்கு இடைப்பட்ட தூரங்கள் (ஒன்றுக்கொன்று சார்ந்திருக்கும் நிலையில்—Relatively) மாறுமல் இருந்ததாகவே அவர்கள் முடிவு கட்டியிருந்தனர். ஆனல், தற்கால ஆய்வின் விளைவாக விண்மீன்கள் ஒன்றுக்கொன்று சிறிது சிறிதாக நகர்ச்சி அடைகின்றன எனத் தெரிகின்றது. ஆனல், இந்நகர்ச்சி மிகமிக நுட்ப அளவுடையது. அளக்கக்கூடிய அளவில் நாம் அந்நகர்ச்சி காணப் பல நூற்றுண்டுகளாகும். ஹிப்பார்க்கஸ் சில விண்மீன்களுக்கிடையே அளந்து கூறிய கோண தூரங்களுக்கும், தற்போது அவ் விண்மீன்களுக்கிடையே அளந்து காணப்படும் கோண தூரங்களுக்கும் சிறு சிறு வேறுபாடுகள் இருப்பதாக நுண்கருவிகள் எடுத்துக் காட்டுகின்றன. முதலில் வால்மீன் புகழ்பெற்ற 'ஹாலி' (Halley) என்பவர்தாம் 1818ஆம் ஆண்டில் இந் நகர்ச்சியைக் கண்டு கூறினர்.

21–1·1. முறையான நகர்ச்சி (Proper Motion): ஓர் ஆண்டில் கதிரவன் மையங்கொண்டு அளக்கப்படும் விண்மீன் திசைமாற்றம், அவ் விண்மீனின் 'முறையான நகர்ச்சி' எனப்படும். அது சில விகலைகளேதான். பொதுவாக ஒளிமிக்க விண்மீன்கள், மங்கலான

விண்மீன்களைவிட அண்மையிலிருப்பதால், ஒளிமிக்க விண்மீன்களுக்கு இந்த 'முறையான நகர்ச்சி' சிறிது கூடுதலாக உள்ளது. 'மியூனிக்' (Munich) என்ற விண்மீனுக்கு 'முறையான நகர்ச்சி' ஆண்டுக்கு 10″·25; நமக்குத் தெரிந்தவரை, மிகப் பெரிய நகர்ச்சி அளவு இதுதான். சில விண்மீன்களின் 'ஒளித்தரமும்' 'முறையான நகர்ச்சியும்' பின்வரும் பட்டியலில் காண்க.

விண்மீனின் பெயர்	ஒளித்தர எண்	ஆண்டுதோறும் முறையான நகர்ச்சி
மியூனிக் (Munich)	9·7	10″·25
61 சிக்னி (Cygni)	5·4	5″·2
μ காசியோப்பியா (Cassiopeiae)	5·3	3″·8

ஆண்டுதோறும் 'முறையான நகர்ச்சி' 10″ வீதம், ஒரு விண்மீன் 360° நகர்ந்து செல்ல 1,30,000 ஆண்டுகள் ஆகும். ஆண்டுக்கு 1″-க்கு மேற்பட்ட 'முறையான நகர்ச்சி' உடைய விண்மீன்கள் இதுவரை நமக்குத் தெரிந்தவை ஏறக்குறைய இருநூறுகும்.

21–1·2. மீஞெளி : கி.மு. முதல் நூற்ருண்டிலே வாழ்ந்த ஹிப்பார்க்கஸ் (Hipparchus) என்ற யவன நாட்டு வானியல் அறிஞர் முதன் முதலாக ஒரு விண்மீன் பட்டியல் தயாரித்தார். அந்தப் பட்டியலில் 1080 விண்மீன்களைக் குறித்தார். அவற்றை ஒளித்தர வரிசையில் ஆறு பிரிவுகளாக வகுத்தார். ஒளி மிகுந்தவற்றை முதல்தர விண்மீன்கள் (Stars of the first magnitude), அடுத்தபடியான ஒளியுடையனவற்றை இரண்டாம்தர விண்மீன்கள் (Second magnitude), ... என இவ்வாருக ஆறு தரங்களாக வகுத்தார். ஆருவது அளவு ஒளித்தரம் முடிய உள்ளவற்றைத்தான் ஊனக் கண்ணுல் பார்க்கமுடியும். ஆருவது ஒளித்தரத்திற்கு மேற்பட்ட ஒளித்தரமுடையனவற்றை ஊனக்கண் கொண்டு காண முடியாது. எனவே, அவ்வளவோடு ஹிப்பார்க்கஸ் விண்மீன் பட்டியல் நின்றுவிட்டது. கலிலியோ, தொலைநோக்கியை வானத்திற்குத் திருப்பிய பின்புதான், இன்னும் ஒளித்தரம் குறைந்த விண்மீன்கள் உள்ளன என்ற உண்மை நமக்குத் தெரியவந்தது. இப்பொழுது சாதாரண இரட்டைக் குழல்நோக்கி (Binoculars) கொண்டே ஹிப்பார்க்கஸ் கண்டது போல கருபதின் மடங்கு விண்மீன்களை நமது காட்சிக்குக் கொண்டுவரமுடியும். பெரிய தொலைநோக்கி கொண்டு இன்னும் பன்மடங்கு காணலாம். உயர்தர வானியல்

புகைப்படக் கருவிகொண்டு நாம் காணக்கூடிய விண்மீன்கள் இன்னும் பன்மடங்கு அதிகம். இப்போது வானியல் ஆராய்ச்சிக் கூடங்களில் உள்ள கருவிகள்கொண்டு 21ஆம் தர விண்மீன்களைக்கூடக் காணலாம்.

21–2. விண்மீன்களின் ஒளித்தரம் (Stellar Magnitudes) : விண்மீன்களின் ஒளித்தரம் 1, 2, 3......என்ற எண்களால் குறிக்கப் படும். இம்முறைப்படி ஹிப்பார்க்கஸ் முதன்முதலில் விண்மீன்களை ஆறு தரங்களாக வகுத்தாரென்று கூறினோம். ஆனால், கண்பார்வைக் குப் படக்கூடிய விண்மீன்கள் மட்டுமே அவர் பட்டியலில் இடம் பெற்றன. ஹிப்பார்க்கஸ் மிகப் பளபளப்பான 20 விண்மீன்களைத் தேர்ந்தெடுத்து, அவற்றை 'முதல் தரம்' என்ற வகுப்பிலிட்டார். கண்ணுக்குச் சற்றுமட்டும் படக்கூடிய விண்மீன்களை 'ஆறும் தரம்' என்ற வகுப்பிலிட்டார். இடைப்பட்ட பளபளப்புள்ள விண்மீன்களுக்கு 2 முதல் 5 வரை 'தரம்' வழங்கப்பட்டது. ஆனால், இன்று நுட்பமான கருவிகள்கொண்டு ஊனக் கண்களுக்குப் படாத விண்மீன்களையும் பார்க்க முடியும். இன்று 'தரம்' வகுப்புமுறை இன்னும் துல்லிய மாகக் கணக்கிடப்படுகிறது.

'தரங்கள்' அடிப்படையில் விண்மீன்களின் பளபளப்பை அளப் பதன் பொருள் என்னவென்று முதல்முதலாக ஹெர்ஷல்தான் ஒரு திட்டமான கொள்கையை வகுத்தார். அவர் வகுத்த கொள்கையின் மூலாதாரம் 1859ஆம் ஆண்டு ஃபெக்னர் (Fechner) வகுத்த 'உடல்–உளத் தொடர்பு'க் கொள்கையாகும். ஹெர்ஷல் வகுத்த கொள்கை யாவது: 'தரம் கூட்டுவரிசையில் (arithmetic progression) வளர வளர, பளபளப்பு பெருக்குவரிசையில் குறைகின்றது'. இதற்கு அளவுகோலாக அவர் கண்டது:

'முதல்தர விண்மீனின் பளபளப்பிற்கும், ஆறும்தர விண்மீனின் பளபளப்பிற்கும் உள்ள விகிதம் 100 : 1'. அதாவது இரு விண்மீன் களின் பளபளப்பு முறையே B_1, B_2 எனவும், அவற்றின் ஒளித்தரங்கள் முறையே m_1, m_2 எனவும் கொள்வோம். பெருக்குவரிசையின் பொது விகிதம் k எனக் கொள்வோம்.

$$\therefore \quad B_1 \propto \frac{1}{k^{m_1}}$$

$$B_2 \propto \frac{1}{k^{m_2}}$$

$$\therefore \quad \frac{B_1}{B_2} = k^{m_2 - m_1} \qquad (1)$$

இந்த விதியை முதல்தரம், ஆறும்தரம் உள்ள விண்மீன்களுக்குப் பொருத்தினால் ஹெர்ஷல் கூறியபடி,

$$100 = k^{6-1}$$
$$= k^5$$
$$\therefore 5 \log k = Z$$
$$k = \text{ant}\, i \log (\tfrac{2}{5})$$
$$= 2.5 \text{ (ஏறக்குறைய)} \qquad (2)$$

$$\therefore \frac{B_1}{B_2} = 2{\cdot}5^{(m_2 - m_1)}$$ என்ற வாய்பாடு பெறப்படுகிறது.

எடுத்துக் காட்டாக,

B_1, B_2 என்பவை முதல், இரண்டாந்தர விண்மீன்களின் பளபளப்பாயின்,

$$\frac{B_1}{B_2} = 2{\cdot}5^{(2-1)}$$
$$= 2{\cdot}5$$
$$\therefore B_2 = {\cdot}4 B_1$$

எனவே, முதல்தர ஒளி அளவு 1 (ஒன்று) எனக் கொண்டால், இரண்டாம் தர ஒளி அளவு முதல் அளவில் 40% ஆகும்.

21ஆம் தர ஒளி அளவு,

$$B_{21} = \frac{1}{(2{\cdot}5)^{20}} \cdot B_1$$ என்ற வகையில் முதல்தர ஒளி அளவைப் போல் 0·000000011% ஆகும். இங்கு நாம் கண்ட $k = 2{\cdot}5$ (இன்னும் சரியாக 2·512) என்பது 'ஒளி விகிதம்' (Light Ratio) எனப்படும்.

இந்த முறையாக 'தரம்' வகுப்பதைக் கூட்டு, குறை மதிப்புகளுக்கும் விரிவாக்கலாம். எடுத்துக்காட்டாக, 'முதல்தரம்' பளபளப்புடைய விண்மீன்களைவிட, 'பூச்சியம்' 'தரம்' பெற்ற விண்மீன்கள், ஒருபடி பளப்பளப்பதிகம்; குறை மதிப்புகளுக்கும் (−1, −2, −3,.....) படிப்படியாக உயரும் பளபளப்புடைய விண்மீன்கள் உண்டு. மேலும், பதின்பகுப்புப் பின்னத் தரங்களும் பயன்படுத்தலாம்; 'தரம்' 8·3 எனில், தரம் 8, தரம் 9 பெற்ற விண்மீன்களின் பளபளப்புக்கு இடைப்பட்ட பளபளப்பு எனப் பொருள் கூறலாம்.

21–2·1–1. கண் பார்வைத் 'தரம்' (Visual Magnitude): 'போட்டாமீட்டர்' (Photometer) என்ற கருவிகொண்டு, ஒரு குறிப்பிட்ட தரமுடைய விண்மீனின் பளபளப்போடு 'தரம்' தெரியாத விண்மீனின் பளபளப்பை ஒப்பிட்டுப் பார்க்கலாம். இக் கருவிகள் பல வகைகளில் இயற்றப்படுகின்றன. ஜால்னர் (Zoüner) வகை, உச்சி

வகை என்ற சிறப்பான இரு வகைகளில் இக்கருவி ஆக்கப்பட்டுப் புழக்கத்தில் உள்ளது. 'ஆல்டிபரான்' (Aldebaran) என்ற விண் மீனின் தரம் 1; நுட்பமாக அதன் தரம் 1·06 என அளவிடப்படும்.

21–2·1–2. புகைப்பட அளவுத் தரம் (Photographic Magnitudes): தற்காலத்தில் கண்ணுக்கு அரிதாகப் புலப்படும் விண் மீன்களின் ஒளித்தரம் காண, அவ்விதமான விண்மீன்களைப் புகைப் படம் எடுத்து, சாவதானமாக ஆராய்ந்து முடிவுகள் வெளியிடப்படு கின்றன. புகைப்படத்தில் விண்மீன் உருவளவும் ஒளியளவும் பிரதி பலிக்கப்படுகின்றன. இரு விண்மீன்கள் ஒரே ஒளித்தரமுடையன வாயினும், வெவ்வேறு நிறமுடையதாகுல், புகைப்படத்தில் ஒளியளவு களில் வேறுபாடு பிரதிபலிக்கப்படுகிறது. எடுத்துக்காட்டாக நீல நிறமும், சிவப்பு நிறமும் உள்ள இரு விண்மீன்களை எடுத்துக் கொண்டால், நீல விண்மீன் ஒளி மிகுதியாகவும், சிவப்பு விண்மீன் ஒளி குறைவுடையதாகவும் தோன்றுகிறது. காரணம், புகைப்படத் தட்டம் நீலத்தை அதிகமாகவும், சிவப்பைக் குறைவாகவும் ஏற்றுக்கொள்ளும் தன்மை உடையது. எனவே, கண்பார்வைத் 'தரத்திற்கும்'[2] புகைப் படத் 'தரத்திற்கும்' உள்ள வேறுபாடு, நிற அளவு குறிக்கும் ஓர் அளவையாகக்கொள்ள உதவுகிறது. எனவே, இவ்வேறுபாடு 'நிற அளவை' (Colour Index) எனப்படும். புகைப்படத்தைப் பயன் படுத்தி முடிவுகட்டும் அடிப்படைக் கொள்கைகள் மிகச் சிக்கலானவை. இந் நூலுக்குப் புறம்பானதென விரித்து விளக்கப்படவில்லை.

21–2·1–3. விண்மீன்களின் ஒளிவெட்டிப் பாகுபாடுகள் (Spectral classification of stars): ஒளியுடைக்கும் கருவிகள் (Spectroscope) உதவிகொண்டு விண்மீன்கள் ஒளியினை ஆராயலாம். விண்மீன்களின் ஒளி வரிசைகளைக்கொண்டு, அவ் வரிசையின் கோடுகளை ஆராய்வது மரபு. இவ்வழியாக, விண்மீன்கள் 10 வகை யாகப் பிரிக்கப்படும். அவற்றின் ஒளி வரிசைகள் *O*, *B*, *A*, *F*, *G*, *K*, *M*, *R*, *N*, *S* என்ற எழுத்துகளால் குறிக்கப்படுகின்றன. ஒரே விதமான ஒளிவெட்டிப் பாகுபாட்டில் வரும் விண்மீன்கள் நிறம், வெப்பநிலை இரண்டையும் பொறுத்த அளவில் ஒத்த தன்மையுடையன வாய் உள்ளன. இம்முறையைச் செயற்படுத்தும்போது எத்தனையோ சிக்கல்கள் உள்ளன. அவற்றை எல்லாம் சரிப்படுத்தி, உரிய திருத்தங்கள் செய்துகொண்டுதான் இம்முறையைக் கையாள வேண்டும். சில சமயங்களில் கருவிக்குக் கருவிகூட, வெவ்வேறு முடிவுகள் பெறப்படும். இவைபற்றி விரிவான நூல்களில் கண்டறிக.

1. R. Baker: Astronomy (Chapter II on *Stars*)
2. Sir H. S. Jones: General Astronomy (Chapter 12 on *Stars*)

21-2·1-4. விண்மீனின் 'தனி' ஒளித்தரம் (Absolute Magnitude) : விண்மீன்கள் வெவ்வேறு தூரங்களில் இருப்பதால் அவற்றின் ஒளித்தரங்களை ஒப்பீடு செய்ய இயலாது போகிறது. எனவே, விண்மீன்கள் யாவற்றையும் ஒரு திட்டமான தூரத்தில் 'நிறுத்தி' அவற்றின் பளபளப்புகளைக் கணிப்பது, ஒப்பீட்டிற்குச் சாதகமாக இருக்கும். இப்படிக் கணிக்கப்பட்ட ஒளித்தரங்கள் 'தனி' (absolute) ஒளித்தரம் எனப்படும். இதற்கெனத் திட்டமான தூரம் 10 பார்செக் என ஏற்றுக்கொள்வோம். அந்தத் தூரம் 0"·1 என்ற அளவுள்ள கதிரவன் மையப் பிழைக்குரிய இடமாகும் என நாம் அறிவோம்.

அவ் விண்மீனின் தன்னியல்பான ஒளித்தரம் m எனவும் முன் வரையறுத்தபடி, அதன் 'தனி' ஒளித்தரம் M எனவும் கொள்வோம்; அம் மீனின் கதிரவன் மையப்பிழை Π எனவும் கொள்வோம். ஒரு பார்செக் தூரம் d எனக் கொண்டால் அவ்விண்மீனின் இயல்பான தூரம் $= \frac{d}{\Pi}$; 'திட்ட'மான தூரம் $= \frac{d}{\cdot 1} = 10d$

$$\therefore \text{ இயல்பான பரப்பளவு } B \propto \frac{1}{\left(\frac{d}{\Pi}\right)^2}$$

$$\text{'திட்ட'மான தூரத்தில் பளபளப்பு } B_0 \propto \frac{1}{(10d)^2}$$

$$\therefore \frac{B_0}{B} = \frac{1}{100\Pi^2}$$

ஆனால், ஹெர்ஷல் கொண்ட கொள்கைப்படி,

$$\frac{B_0}{B} = \kappa^{m-M} \qquad (21\text{-}2{\cdot}1\text{-}1 \text{ காண்க.})$$

$$\therefore \kappa^{m-M} = \frac{1}{100\Pi^2}$$

$$\therefore (m-M)\log\kappa = -2-2\log\Pi$$

$$\text{ஆனால் } \log\kappa = 0{\cdot}4$$

$$(m-M) = -5-5\log\Pi$$

$$\therefore M = m+5+5\log\Pi \qquad \text{(A)}$$

என்ற தொடர்பு கிடைக்கிறது.

எனவே, ஒரு விண்மீனின் இயல்பான 'தரம்' (m), அதன் இயல்பான கதிரவன் மையப்பிழை (Π) இரண்டும் தெரிந்தால், அவ்விண்மீனின் 'தனி' ஒளித்தரம் (A) என்ற வாய்பாடுகொண்டு அறிய முடியும்.

வெவ்வேறு 'இயல்பான' ஒளித்தரங்கள் பெற்ற விண்மீன்களை 10 பார்செக் தூரத்தில் 'நிறுத்தி' அவற்றின் 'தனி' ஒளித்தரங்களை ஒப்பீடு செய்து பார்க்க (A) உதவுகிறது.

21–3. விண்மீன்கள் தூரம்: நம் முன்னோர்களுக்கு விண்மீன்கள் எவ்வளவு தூரத்தில் உள்ளன எனத் தெரிந்திருக்க முடியாது; தெரிந்துகொள்ள வழியும் இல்லை. பதினாறும் நூற்றாண்டில், கொபர்னிகஸால்தான் முதன்முதலில் விண்மீன்கள் மிகமிகத் தொலைவிலுள்ளன என ஊகிக்க முடிந்தது; ஏனெனில், மண்ணுலகம் கதிரவனைச் சுற்றி வருவதன் விளைவாக விண்மீன்கள் இடம் மாறுவதாக அவர் காணவில்லை. அண்மையில் இருப்பின், மண்ணுலகம் தன் சுற்றுப் பாதையில் இடம் மாறும்போது, விண்மீன்களுக்கும் இடம் மாற்றம் ஏற்படாமலிருக்க முடியாது என்ற அடிப்படையில்தான் கொபர்னிகஸ் ஊகம் அமைந்தது. கொபர்னிகஸை அடுத்து, நியூட்டன் ஒரு கொள்கை அளவில், விண்மீன்கள் தூரத்தைக் கணிக்க முற்பட்டார். அவர் சிரியஸ் (Sirius) என்ற விண்மீன் ஒளியையும் வியாழன் ஒளியையும் ஒப்பிட்டுப் பார்த்து, கதிரவனை இப்போது இருக்கும் தூரத்தைப்போல இன்னும் 100,000 மடங்கு தூரம் தள்ளி வைத்தால்தான் கதிரவன் ஒளியும், சிரியஸ் ஒளியும் சமமாகும் என்று கூறினார்.

21–4. விண்மீன் மண்டலங்களும் அவற்றின் பெயர்களும் (Star Constella ions and their Names): நமது முன்னோர்கள், விண்மீன்களைக் கூட்டங்கள் (groups) அல்லது மண்டலங்களாகப் பிரித்து அம்மண்டலங்களுக்குச் சாதாரண விலங்குகள் பெயர்களையும், புராண இதிகாசங்களில் தோன்றும் பெயர்களையும் கொடுத்தனர். இப் பெயரிடுவதில் பெரிய பொருத்தங்கள் ஏதும் காணுவதற்கில்லை. ஆனால், இப்பெயர்கள் கொண்டுதான் பாபிலோனியா, சீனா, எகிப்து, இந்தியா நாட்டு மக்கள், அவ் விண்மீன் கூட்டங்களை அறிந்தனர்.

தாலமியின் விண்மீன் பட்டியல்படி, விண்மீன்கள் 48 மண்டலங்களாகப் பிரிக்கப்பட்டிருக்கின்றன. அவற்றில் 12 மண்டலங்கள் கதிரவன் வீதி யெனப்படும் இராசிச் சக்கரத்திலும், 21 அதற்கு வடக்கிலும், மீதி 15 தெற்கிலும் இருப்பதாகத் தாலமிப் பட்டியல் கூறுகிறது. இப்போது 88 விண்மீன் மண்டலங்கள் இருப்பதாகக் கணக்கிடப்பட்டிருக்கின்றன. விண்மீன்களை அவையிருக்கும் மண்டலத்தின் பெயரால், குறித்து, ஒளித்தர வரிசையில் அமைத்துக் கூறும்முறை 1603ஆம் ஆண்டில் பேயரால் (Bayer) வகுக்கப்பட்டது. எடுத்துக்காட்டாக, சிறுகரடி (Little Bear) மண்டலத்தில் உள்ள ஒளிமிக்க போலாரிஸ் (Polaris) என்ற விண்மீன் α Ursae Minoris எனவும், காளை (ரிஷபம்—Bull—Taurus) மண்டலத்தில் உள்ள ஒளிமிக்க அல்டிபரான்

(Aldebaran) என்ற விண்மீன் α Tauri எனவும் குறிக்கப்படுகிறது. காளை மண்டலத்தில், அடுத்த ஒளிமிக்க விண்மீன் β Tauri, (அதற் கடுத்த ஒளிமிக்க விண்மீன் γ Tauri...) எனவும் α, β, γ...என்ற முன் னெழுத்துகள் இணைத்துக் குறிக்கப்படுகின்றன. இம் முறையே மற்ற மண்டலங்களுக்கும் பொருந்தும். எனவே, இவ்வாறாக ஊனக் கண் ணுக்குப் புலப்படும் எல்லா விண்மீன்களும் பெயரிடப்பட்டிருக்கின்றன.

மங்கலான விண்மீன்கள், எந்தெந்த விண்மீன் பட்டியலில் இடம் பெறுகின்றனவோ, அந்தந்தப் பட்டியலில் அவ் விண்மீனின் வரிசை எண், அம்மீனைக் குறிக்கும். எடுத்துக்காட்டாக,

லாலாண்டே 45, 585 எனின் லாலாண்டே (Lalande) என்பவர் வகுத்த பட்டியலில் (1790ஆம் ஆண்டுப் பதிப்பு) அந்த எண் கொண்ட விண்மீன்.

இந்த முறைகளில் பெயரிடப்படாத விண்மீன்களை இடங்குறிக்க, நாம் மரபாகப் பயன்படுத்தும் வலஏற்றம், நடுவரை விலக்கம் என்ற ஆயத்தொலைகளைத்தான் பயன்படுத்த வேண்டும். விண்மீன் வரிசைப் பட்டியலில் (Star Catalogue) இவ் வாயத்தொலைகள் ஒரு குறிப்பிட்ட காலத்திற்குப் பொருந்துவனவாயிருக்கும். ஆயத்தொலைகள் மட்டு மல்லாது, மேட முதற்புள்ளி γ-ன் இடநகர்ச்சியின் (Precession) விளைவாக ஆயத்தொலைகளில் ஏற்படும் திருத்தங்களும் கொடுக்கப் பட்டிருக்கும். இவைகொண்டு, குறிப்பிட்ட எந்தக் காலத்திற்குமுரிய ஆயத்தொலைகளைக் கணிக்க முடியும். (பகுதி 18 சம இரவுப் புள்ளி களின் நகர்ச்சி காண்க.)

21-5. இரட்டை விண்மீன்கள்: விண்மீன்களை ஊனக்கண் கொண்டு பார்க்கும்போது தனியாகத் தோன்றும் சில விண்மீன்கள் தொலைநோக்கி கொண்டு பார்க்கும்போது ஒரு நண்பனோடு (ஒரு மங்க லான விண்மீன் அதனுடன் இருப்பதுபோல்) காணப்படுகிறது. இவை இரட்டை விண்மீன்களெனப்படும்.

எடுத்துக்காட்டு: காஸ்டர் (Castor) என்ற விண்மீனும், 61 சிக்னியும் (61 Cygni) அப்படிப்பட்ட இரட்டை மீன்கள். பதினேழாம் நூற்றாண்டிலேயே இவைபற்றி வானியல் வல்லுநர் அறிந்திருந்த போதிலும் ஒழுங்காக இரட்டை மீன்களைப்பற்றிய ஆராய்ச்சி 1779ஆம் ஆண்டில் ஹெர்ஷல் (Herschel) என்பவரால்தான் தொடங்கப்பட்டது. இன்று பல ஆயிரம் இரட்டை மீன்களைப்பற்றி நாமறிவோம்.

21-5·1. இரட்டைமீன்கள் தோற்றத்திற்கு இரண்டு காரணங் களில் ஏதேனும் ஒன்று இருக்கலாம்.

(i) நாம் எந்த நேர்கோட்டில் ஒரு விண்மீனைப் பார்க்கிறோமோ, அதே நேர்கோட்டில், சிறிது தூரம் தள்ளி மற்றொருமீன் இருக்கலாம்;

அவ்விரண்டிற்குமிடையே எந்தவிதமான தொடர்போ, இணைப்போ சிறிதுமில்லாமல், ஒரே நேர்கோட்டில் மட்டும் இருக்கின்ற காரணத்தால் இரண்டும் ஒரே விண்மீனாகக் காட்சியளிக்கும். ஆனால், தொலைநோக்கி வழியாக இரண்டும் பிரித்துக் காட்டப்படும். இப்படிப்பட்ட இரட்டை விண்மீன்கள் 'காட்சி இரட்டை' (Optical doubles) எனப்படும்.

(ii) அல்லது இரண்டு மீன்களும் ஒரே தொலைவில் இருந்து, இயற்கையிலேயே இணைக்கப்பட்டு, ஒன்றுக்கொன்று ஈர்க்கப்பட்டு, இரண்டிற்கும் பொதுவான ஈர்ப்பு மையத்தைச் சுற்றி வருவதாகவிருக்கலாம். இவை 'இணை விண்மீன்கள்' எனப்படும். ஸிரியஸ்ஸூம் (Sirius), பிரோசியானும் (Procyon) இவ்வகைப்படி, ஓரொரு துணைமீனைப் பெற்றிருக்கின்றன.

21–5·2. இவ் விருவகையான இரட்டை மீன்களைத் தவிர, மற்றிரண்டு வகையான இரட்டை மீன்கள் உண்டு. அவை வெட்டொளி இரட்டை மீன்கள் (Spectroscopic biraries), மறைக்கும் இரட்டை மீன்கள் ஆகும்.

21–5·2–1. வெட்டொளி இரட்டை மீன்கள் : இவை இரண்டுமே மிகமிக மங்கலானவை. மிக ஆற்றலையுடைய தொலைநோக்கிகள் கூட அவற்றைப் பிரித்து இரு விண்மீன்களாகக் காட்ட முடியாது. அவற்றின் ஒளியை வெட்டி ஆராய்ந்துதான் இரட்டைத் தன்மையைக் காணமுடியும்.

21–5·2–2. மறைக்கும் இரட்டை மீன்கள் : சில இரட்டை மீன்களைத் தொலைநோக்கிகொண்டோ, ஒளிவெட்டிகொண்டோ காணவியலாது. ஆனால், சில சமயங்களில் ஒன்றையொன்று சுற்றி வரும்போது, மிக மங்கலான விண்மீன் அதைவிட ஒளி மிக்க விண்மீனை மறைக்கிறது; திடீரென்று ஒளிமிக்க விண்மீன் ஒளி மங்கிவிடுகிறது. இந்த நிகழ்ச்சி, அவற்றின் இரட்டைத் தன்மையை அறிவிக்கிறது. இவை மறைக்கும் இரட்டை மீன்களெனப்படும்.

இதுவரை, இவ்வகையான மறைக்கும் இரட்டை மீன்கள் ஏறக்குறைய 200 கண்டுபிடிக்கப்பட்டிருக்கின்றன. இவற்றுள் மிகப் புகழ்பெற்ற இரட்டை, ஆல்கோல் (Algol) எனப்படும் அரக்க விண்மீன். இது பெர்ஸியஸ் (Perseus) விண்மீன் மண்டலத்திலுள்ளது. அதன் ஒளித்தரம் 2·3. இது நிரந்தரமான ஒளித்தரம் அன்று; ஒளித்தரம் சில மணி நேரங்களில் 2·3 முதல் 3·5 வரை ஏறியும் இறங்கியும் இருக்கும். இவ் விரட்டைமீன் அரேபியர்கள் அறிந்ததென்று, இதன் பெயர் கொண்டு ஊகிக்கவேண்டி இருக்கிறது.

21-5·3. முக்கூட்டு, பல்கூட்டு விண்மீன்கள் (Triple and Multiple Stars): சில விண்மீன்கள், மூன்று அல்லது அதற்கு மேற்பட்டவை கூட்டாக இருப்பதாக மிக ஆற்றல் மிக்க தொலைநோக்கிகள் வாயிலாக அறிகிறோம். போலாரிஸ் ஒரு முக்கூட்டு, காஸ்டர் ஒரு பல் கூட்டு விண்மீன்.

21-6. மாறும் விண்மீன்கள் (Variable Stars): பல்லாயிரக் கணக்கான விண்மீன்களுக்குத் திட்டமான ஒளியில்லை; அவற்றின் ஒளித் தன்மை (பளபளப்பு) மாறிக்கொண்டேயிருக்கிறது. இந்தப் பட்டியலில் ஆண்டுதோறும் நூற்றுக்கணக்கான விண்மீன்கள் சேர்க்கப்படு கின்றன. இவற்றுள் சில, குறிப்பிட்ட காலவட்டங்களில் ஒளி மாறித் தோன்றுகின்றன. இக் காலவட்டங்கள் சில மணி நேரமாக இருக்க லாம்; நூற்றுக்கணக்கான நாள்களாகவும் இருக்கலாம். மற்றவை தன்னிச்சையாக (ஒரு நியதிக்கும் உட்படாமல்) ஒளிமாறித் தோன்று கின்றன. இவை யாவும் மாறி விண்மீன்கள் எனப்படும்.

25·1970 எனக் குறிப்பிட்டால், இந்த மாறி விண்மீன் 1970ஆம் ஆண்டில் கண்டுபிடிக்கப்பட்ட 25ஆவது விண்மீன் ஆகும். மாறித் தன்மை திட்டமாக முடிவு செய்த பின்பு, இவ் விண்மீனுக்கு ஒரு பெயர் வழங்கப்படுவது மரபு. இப்பெயர்களை வழங்கும் பொறுப்பு அகில உலக வானியல் சங்கத்தைச் (The International Astronomical Union) சார்ந்தது.

21-6·1-1. மாறி மீன்களில் பற்பல மாறுதல்களும் வேறுபாடு களும் மிளிர்ந்திருப்பதால், அவை சில இனங்களாகப் பிரிக்கப்பட்டு இருக்கின்றன. அவையாவன:

(1) திட்டமான காலவட்டமுடையவை:

(a) மறைக்கும் இரட்டை விண்மீன் தொகுப்புகள்;

(b) சிபெய்ட் (Cepheid) மாறிகள்;

(c) நெடுங்காலவட்ட மாறிகள் (Long period Variables).

(2) திட்டமான காலவட்டமற்றவை:

(a) நெறியற்ற மாறிகள் (Irregular);

(b) புதுமீன்கள் (ஒளிர்மீன்கள்—Novae).

1. (a) முன்னரே மறைக்கும் இரட்டைமீன்களைப் பற்றிப் பார்த்தோம்.

(b) **சிபெய்ட் மாறிகள்:** இவ்வகையான விண்மீன்கள் சிஃபியஸ் (Cepheus) என்னும் மீன்கூட்டத்தில் உள்ளன. இக்

கூட்டம் பிளியாடிஸ் (Pleadies) மண்டலத்திற்கும் காசியோபியா (Cassiopeia) மண்டலத்திற்கும் இடையில் காணப்படும். இக் கூட்டத்தில் சிறப்பான எடுத்துக்காட்டாகக் குறிப்பிடத்தக்க δ சிஃபெய் (δ Cephei) என்ற விண்மீனின் ஒளித்தரம் ஏறக்குறைய 4·3 (m) முதல் 3·6 (m) வரை, 0·7 (m) வீச்சத்தில் மாறுகிறது. காலவட்டம் ஏறக்குறைய $5\frac{1}{3}$ நாள்கள்; மற்றவை 1 (m) முதல் 1·5 (m) வீச்சத்தில் மாறுகின்றன. m என்பது கண்பார்வைத் தரத்தைக் குறிக்கிறது. 4·3 (m) எனின் அதன் கண் பார்வை ஒளித்தரம் 4·3 என்பதுதான்.

மேலும், ஒரு நாளுக்குக் குறைந்த காலவட்டமுடைய விண்மீன்களும் பலநாள்கள் காலவட்டமுடைய விண்மீன்களும் இவ்வினத்தில் இருக்கின்றன. சில மணிநேரக் காலவட்டமுடைய மாறி மீன்கள் கொத்துக் கொத்தாக உள்ள விண்மீன்கள் (cluster) எனப்படும்; அக் கொத்துகள் கோள வடிவம் தாங்கிநிற்கும். இவ்வினத்தைச் சேர்ந்த மீன்களின் பொதுத்தன்மைகள் சில:

(i) ஒளித்தர மாற்றத்தில் ஏற்றமும் தாழ்வும் ஒழுங்காக உள்ளன; மாற்றங்கள் திடீர் திடீரென இல்லாமல் ஒரு தொடர்ச்சியாகவே (continuous) ஏற்படுகின்றன.

(ii) ஒவ்வொரு விண்மீனுக்கும் மாறாத காலவட்டமுண்டு. அம் மீனின் ஒளித்தரம் அதன் காலவட்டத்தின் முதற்பகுதியில் வேகமாக உயர்ந்து பிறகு தாமதமாகவே குறைகிறது. δ சிஃபெய் என்ற மீனின் ஒளித்தரம் மிப்பெரு மதிப்புப் பெற $1\frac{1}{2}$ நாளும் பின்பு மீச்சிறு மதிப்புப் பெற 4 நாள்களும் ஆகின்றன.

(iii) ஒளித்தர மாற்ற வீச்சம் 1 (m) முதல் 1·5 (m) வரை.

(c) **நெடுங்காலவட்ட மாறிகள்:** காலவட்டங்களை யொட்டி விண்மீன்களை வகைப்படுத்துங்கால், பல 11 நாள்களுக்குக் குறைந்த காலவட்டமும், பல 150 நாள்களுக்குமேல் 450 நாள்களுக்குட்பட்ட காலவட்டமும் பெற்றவையெனத் தெரிகின்றன. ஆனால், பின்கூறப்பட்ட வகையிலுள்ள விண்மீன் எண்ணிக்கை, முதல் கூறப்பட்ட வகையிலுள்ளனவற்றைவிடக் குறைவு. 11 நாள்களுக்குமேல் 150 நாள்களுக்குட்பட்ட காலவட்டமுடைய விண்மீன்களும் உண்டு. மரபுப்படி, 100 நாள்களுக்கு மேற்பட்ட காலவட்டமுடைய மீன்கள், நெடுங்காலவட்ட மாறிகள் எனப்படும். இவை 3 (m) முதல் 8 (m) வரை ஒளித்தரமுடையவை. 331 நாள்கள் காலவட்டமுடைய மீன் மீரா (Mira) அல்லது O-சேட்டி (O Ceti) என்பதாகும். இதற்கு 2 (m) முதல் 9 (m) வரை ஒளித்தர மாற்றமுண்டு. இவ் விண்மீன் மிகப் பெரிது. இதற்குத் துணையாக 10 (m) விண்மீன் ஒன்றுண்டு.

2. (a) **நெறியற்ற மாறிகள் (Irregular Variables):** எந்தக் காலவட்டத்திற்கு முட்படாமல், ஒளித்தர மாறுதல்கள் பெற்ற விண்மீன்

களும் உள்ளன. இவை நெறியற்ற மாறிகள் எனப்படும். இம் மாறி மீன்களின் மீச்சிறு ஒளித்தரம் 13 (m); திடீரென்று 9·5 (m)-க்குயர்ந்து, ஏறுவதும் இறங்குவதாகவும் இருக்கும்.

(b) **புதுமீன்கள் (ஒளிர் மீன்கள்)** (Novae): மங்கலாய்க் கண்ணுக் குத் தெரியாமல் இருந்து, திடீரென்று ஒளிமிகுந்து ஒரு வான சோதி யாய்க் காட்சியளிக்கும் மீன்வகை ஒன்றுண்டு. அவை புதுமீன்கள் எனப்படும். இவற்றின் திடீர் வெடிப்பில் 10 (m) முதல் 15 (m) வரை இவற்றின் ஒளித்தரம் மிகும். அதாவது, 10^4 முதல் 10^6 மடங்கு ஒளி பெருகும்.

$$[10 \log k = 4, \therefore k^{10} = 10000 ; 15 \log k = 6, \therefore k^{15} = 10^6]$$

கி.மு. 134ஆம் ஆண்டிலேயே ஹிப்பார்க்கஸ் இத்தகைய காட்சிகள் ஏற்பட்டதாகக் குறிப்புகள் கொடுத்திருக்கிறர். மறுபடியும் கி.பி. 1572ஆம் ஆண்டு நவம்பர் 7ஆம் நாள் இவ்வகையான ஒரு விண்மீன் திடீரென்று ஒளிமின்னி வானத்தில் மிளிர்ந்தது. மற்றைய பல விண் மீன்களைவிட மிகப் பளபளப்பாகக் காட்சி கொடுத்தது. கதிரவன் ஒளியிலும் அது கண்ணுக்குத் தெரிந்தது. பதினறு மாதங்களில் அது மறைந்துவிட்டது. இதற்கு டைகோ பிராஹியின் புதுமீன் (Tycho Brahe's Nova) எனப் பெயரிடப்பட்டது. பிராஹியின் மாணவரான கெப்ளருக்கும் இவ்வகைப்பட்ட விண்மீன் 1604ஆம் ஆண்டில் காட்சி யளித்தது. அதற்குக் கெப்ளர் புதுமீன் (Kepler's Nova) எனப் பெயரிடப்பட்டது. கோள்கள் இயங்கு விதிகளுக்குத் தாயும் தந்தையும் போலத் திகழும் பிராஹி, கெப்ளர் இவர்களின் பெயர்கள் அவ்விண் மீன்களுக்குச் சூட்டப்பட்டது சாலப் பொருத்தமேயாகும். இவ்வகைப் பட்ட புதுமீன்கள்'சில பின்னர் கொடுக்கப்பட்டிருக்கின்றன.

பெயர்	கண்ட ஆண்டு கி. பி.	மீப்பெரு ஒளித்தரம்
அகுலே புதுமீன் (Nova Agulae)	1918	1 (m)
சிக்னி புதுமீன் (Nova Cygni)	1920	2 (m)
பிக்டோரிஸ் புதுமீன் (Nova Pictorius)	1925	1·2 (m)

சாதாரணமாக இவை ஒரே ஒரு முறை வெடித்து மிக வெளிச்சத் தோடு காட்சி தந்து மறைந்துவிடுகின்றன. இரண்டாவது வெடிப்பு ஏற்படுவது மிக அருமை.

21-6·1-2. மிகப்பெரிய புதுமீன்கள் (Super Novae): முன் கூறப்பட்ட டைகோ பிராஹி புதுமீனும், கெப்ளர் புதுமீனும் மிகப்

பெரிய புதுமீன்கள் என்ற வகையிலடங்கும். சாதாரணப் புதுமீன்கள் வெடிப்பில் தோன்றும் சோதியைவிட மிகப் பெரிய புதுமீன்கள் மிகுந்த அளவில் ஒளி வீசும். இவை இயற்கை நிலையைவிட வெடிக்கும்போது, தற்காலிகமாக 9×10^8 அதிக ஒளியும் (பிராஹி புதுமீன்), 10^8 அதிக ஒளியும் (கெப்ளர் புதுமீன்) பெற்றன எனக் கூறப்படுகின்றன.

இப்படிப்பட்ட மிகப்பெரிய புதுமீன்கள் தோன்றுவது மிகமிக அருமை. பிராஹி, கெப்ளர் புதுமீன்கள்தாம் இதுவரை நாமறிந்த இவ்வகைப் பெருமீன்கள். நாம் வாழும் பால்வழி மண்டலத்திற்கு அப்பாற்பட்ட சில மண்டலங்களில் இவ்விதமான மிகப்பெரிய புது மீன்கள் தோன்றுவதாக நமக்கு ஆதாரங்கள் கிடைத்திருக்கின்றன. அவை இவ்வண்டத்திற்கு அப்பாற்பட்டன (Extra Galactic Super Nova).

21–7. விண்மீன் கூட்டங்கள் (கொத்துகள்) (Star clusters) : வானத்தில் சில பகுதிகளில் விண்மீன்கள் கூட்டம் கூட்ட மாக இருப்பதை நாம் பார்க்கலாம். அவற்றினை மூன்று பெரும் பகுதி களாகப் பிரிக்கலாம்.

(a) நகரும் கூட்டங்கள் (Moving clusters) ;
(b) திறந்தவெளிக் கூட்டங்கள் (Open clusters) ;
(c) கோளவடிவக் கூட்டங்கள் (Globular clusters).

(a) நகரும் கூட்டங்கள் : இவையாவும் ஒன்றாக இணைந்திருப்பது போல வானவெளியில் நகர்ந்து செல்லும். அவை இணைபிரியாது நகர்வது கண்டே, அக்கூட்டங்களை அறியலாம்.

பெருங்கரடி மண்டலத்திலுள்ள விண்மீன்கள் (Ursa Major) அப்படிப்பட்ட ஒரு கூட்டமாகும். காளைமண்டலம் மற்றொரு கூட்ட மாகும். கிருத்திகை (Pleiades), ஹயேட்ஸ் (Hyades) மற்றிரண்டு நகரும் கூட்டங்களாகும். ஆனால், இவையிரண்டும் வானத்தில் சிறு பகுதியிலேயே நகருகின்றன. இவற்றை இரண்டாம் வகுப்பு (Second class) கூட்டங்களெனக் கூறுவது மரபு.

(b) திறந்தவெளிக் கூட்டங்கள் : நகரும் கூட்டங்களுக்கும் திறந்தவெளிக் கூட்டங்களுக்கும் பெரிய வேறுபாடுகள் ஒன்றுமில்லை. நகரும் கூட்டங்களிலுள்ள விண்மீன்கள் மிக நெருக்கமாகவிருக்கும் ; திறந்தவெளிக் கூட்டங்களில் ஒவ்வொரு கூட்டத்திலும் சாதாரணமாக நூறு விண்மீன்கள் இருக்கும். அவை ஓர் ஒழுங்கமைப்பில் படா ; எல்லை வரம்புகள் திட்டமாக வகுக்கமுடியாதபடி பரந்து கிடக்கும். இவ்வாறாக ஏறத்தாழ 250 திறந்தவெளிக் கூட்டங்கள் இதுவரை நமது கணக்கில் கிடைக்கப்பெற்றிருக்கின்றன.

(c) கோளவடிவ விண்மீன் கூட்டங்கள்: இவை ஆயிரக் கணக்கில் கூட்டம் கூட்டமாகக் காட்சியளிக்கும்; பெரும்பான்மை மங்கலாக இருக்கும்; அவை யாவற்றையும் ஒருங்கே காணும்போது, ஒரு கோள வடிவத்தில் அவை ஒன்றுகூடியிருப்பதுபோலத் தோன்றும். இவை கோளமையத்தில் அடர்த்தியாகவும், மையத்திலிருந்து கோள வரம்பை நெருங்கி வரவர அடர்த்தி குறைந்தும் தோன்றும். இதுவரை இவ்வகையில் நாம் ஏறக்குறைய நூறு கூட்டங்களைக் கணக்கிட்டிருக்கிறோம். இவற்றுள் மிக ஒளியுள்ள கூட்டம் ω சென்டாரை (ω centauri); ஊனக்கண்ணுக்கு இக் கூட்டம் நான்காம் ஒளித்தரம் 4 (m) பெற்ற ஒரு மங்கலான விண்மீனாகக் காட்சி தருகிறது. இது ஹாலியால் 1677ஆம் ஆண்டில் கண்டு குறிக்கப்பட்டது.

முன் குறிப்பிட்ட ω சென்டாரை என்ற கூட்டம் ஏறக்குறைய 22,000 ஒளியாண்டுகள் (7000 பார்செக்) தூரத்தில் உள்ளது. அதன் கோணவிட்டம், சந்திரனின் கோணவிட்டத்தில் மூன்றில் இரண்டு பங்கு. மற்றொரு கூட்டம் ஏறக்குறைய 1,86,000 ஒளியாண்டுகள் தூரத்தில் உள்ளது.

21-8. அண்டம் அல்லது பால்வழி (Galaxy or the Milky Way): நிலவு தோன்றாது, வெண் கருமுகில்களும் இல்லாத ஒரு நள்ளிரவில் நாம் மேல்வானத்தைப் பார்ப்போமானால், துல்லியமான வெள்ளொளியொன்று கீழ்த்தொடுவானம் முதல் மேல்தொடுவானம் வரை பரந்திருப்பதைக் காணலாம். ஆண்டு முழுவதும் இக்காட்சியை நாம் காணமுடியும். ஆனால், சில நாள்கள் இவ்வொளி கண்ணைப் பறிக்கும் எழிலுடையதாயும், சில நாள்களில் ஒரு சிறு வெண்பட்டை வானத்தில் விரிந்திருப்பது போலவும் தோற்றமளிக்கும். இந்த வெண்ணிற ஒளியிலே கோடிக்கணக்கான விண்மீன்கள் கூட்டம் கூட்டமாக இருக்கின்றன. இந்த வெண்வெளிக்கு, பால்வழி அல்லது அண்டம் எனப்பெயர். புராண இதிகாசங்களில், இது ஆகாயகங்கை எனப் பெயர் பெற்றிருக்கிறது.

இப் 'பால்வழி' வடவானத்தில், வடதுருவத்திற்கு 30° அளவில் சாய்ந்து, காசியோப்பியா, பெர்சியஸ், ஆரிகா (Ariga), டாரஸின் காளை (Taurus) இரு கொம்புகள் வழியாகச் சென்று, கதிரவன் வீதியைக் கடந்து பிறகு ஆரியன் (Orion), ஜெமினி (Gemini), மானொசிரஸ் (Monoceros), ஆர்கோ (Argo), கிரக்ஸ் (Crux) வழியாக சென்டார் (Centaur) பாதங்களை வெட்டிச் செல்கிறது. இங்கே இது இரு பிரிவுகளாகப் பிரிகிறது. ஒளிமிக்க பகுதி ஆரா (Ara), விருச்சிகம் (Scorpis), தனுசு (Sagittarus), ஆகுலா (Aguila) வழியாக சிக்னஸ் வரை சென்று, மற்றொரு பகுதியோடு மறுபடியும் இணைகிறது.

நாம் வாழும் இம் மண்ணுலகம், கதிரவனைச் சுற்றிவரும் கோள்களில் ஒன்று எனவும், கதிரவன் இப் பால்வழியில் ஒரு சாதாரண விண்மீன் எனவும், கதிரவன் குடும்பம் இவ்வண்டமாகிய பால்வழியில் இடம் பெற்றுள்ளது எனவும் நாம் 'மண்ணுலகம்' என்ற பகுதி (2)-ல் பார்த்தோம்.

21-8·1. பால்வழி: பின்வரும் படம் ஏறக்குறைய பால்வழியைக் காட்டும்.

படம் 21-8·1

இவ்வழியில் கோடிக்கணக்கான விண்மீன்கள் உள்ளன. கதிரவன் இருக்குமிடம் S எனக் குறிக்கப்பட்டிருக்கிறது. இப் பால்வழியில் நடுக்கோட்டை, நாம் வானக் கோளத்தின்மேல் வரைந்தால், அது வான நடுவரைக்கு 63° சாய்வில் அமையும் ஒரு பெருவட்டமாகப் பெறப்படுகிறது. பெரும்பான்மையான விண்மீன்கள் இப் பெருவட்டத்தின் இரு மருங்கினும் குவிந்து கிடக்கின்றன.

ஆரியன் என்ற விண்மீன் தொகுப்பிற்கும் கானிஸ்மைனர் (Canisminor) என்ற விண்மீன் தொகுப்பிற்கும் இடையில் இவ்வழி 45° அகலம் கொண்டு, விண்மீன்களால் நிரப்பப்பட்டிருக்கிறது; மற்றும் சில இடங்களில் இவ்வழி 3° அல்லது 4° அகலம்தான் உள்ளது. இவ்வழியில் மிக அடர்த்தியான பாகம் சாகிட்டாரஸ் (Sagittarus) விண்மீன் தொகுப்பில் உள்ளது. அளவிறந்த விண்மீன்கள் இப்பகுதியில் இருப்பதால், ஒன்றையொன்று பிரித்துக் காண முடியாத அளவிற்கு அவை நெருக்கமாக விருக்கின்றன.

இவ்வண்டம் ஒரு பன்ரொட்டி (bun) உருவத்தில் உள்ளது. நடுவரை வட்டத்தின் விட்டம் 30,000 பார்செக்குகள். துருவங்களின் வழியாக மற்றொரு விட்ட நீளம் 5000 பார்செக்குகள். நாம் வாழும் கதிரவன் குடும்பம் இவ்வண்டத்தின் ஓர் ஓரமாக, மையத்திலிருந்து 8000 பார்செக் தூரத்திலுள்ளது.

21-9. பேரண்டம் (The Universe): பேரண்டத்தில் நமது அண்டமாகிய பால்வழியைப்போல, கோடிக்கணக்கான அண்டங்கள் உள்ளன. இப் பேரண்டம் முதலில் பிரம்மாண்டமான ஆவி [நீரகம்

போன்ற தன்மையுடைய ஆவி (Hydrogen Type)] மயமாக இருந்த தெனவும், காலவட்டத்தில், தனித்தனி அண்டங்கள் இப்பேரண்டத்தில் உருவாயின என்றும் இன்று நம்பப்படுகிறது. ஒவ்வோர் அண்டமும் பல கோடிக்கணக்கான விண்மீன்களைத் தாங்கி நிற்கின்றன வெனவும், ஓரண்டத்திற்கும் மற்றோர் அண்டத்திற்கும் இடையே வெற்றுப் பெரு வெளிகள் உள்ளன வென்றும் கூறப்படுகின்றன. இன்றைய வானியல் முறைப்படி இப் பேரண்டத்தில் குவிந்து கிடக்கும் பல்வேறு அண்டங் களும் கூட்டம் கூட்டமாகப் பிரிக்கப்பட்டுப் பெயரிடப்பட்டிருக்கின்றன.

ஒவ்வொரு பிரிவிலும் சில அண்டங்கள் சேர்க்கப்பட்டிருக்கின்றன. நாம் இருக்கும் அண்டம் 'லோக்கல் பிரிவு' என்ற பிரிவில் இருக்கிறது. இப் பிரிவின் நீளம் (அதாவது விட்டம்) 60,000 பார் செக்குகள். நம் அண்டமான பால்வழி முடிகின்ற இடத்தில் பல விண்மீன் அமைப்புகள் உள்ளன. இவையாவும், 2000×10^6 ஆண்டுகள் காலவட்டத்தில் சுழலுகின்றன.

நம்முடைய அண்டத்திற்கு அப்பால், அடுத்தபடியாக லோக்கல் பிரிவில் *M* 31 எனப் பெயரிடப்பட்ட ஓர் அண்டம் உள்ளது. அதற்கும் நமக்கும் இடைப்பட்ட வெற்றுவெளித் தூரம் 10^6 பார்செக்குகள். அதற்கடுத்து *M* 33 என்ற அண்டம் உள்ளது. நமது லோக்கல் பிரிவில் பால்வழி, *M* 31, *M* 33, இன்னும் 16 அண்டங்கள் யாவும் அடங்கி யுள்ளன.

லோக்கல் பிரிவைப் போல மற்றும் பல பிரிவுகள் உள்ளன. ஒவ்வொன்றிலும் சில பல அண்டங்கள் உள்ளன.

(i) கோமா பிரிவு (Coma Cluster): 1000 அண்டங்களை யுடையது. மிகமிகப் பெரிய பிரிவு; தூரம் 50×10^6 பார்செக்குகள்.

(ii) கொரோனு பொரியாலிஸ் பிரிவு (Corona Borealis): தூரம் 50×10^6 பார்செக்குகள்.

(iii) ஹைட்ரா பிரிவு (Hydra): தூரம் 400×10^6 பார்செக்குகள்.

மற்றப் பிரிவுகளின் தூரங்களைக் கணித்தல் அரிதாயிருக்கிறது.

21–9·1. நெபுலங்கள் (Nebulae): தொலைநோக்கி வழியாக விண்மீன்களைப் பார்க்கும்போது சில ஒளிமுகிற் படிவங்கள் காட்சிக்கு வரும். அப் படிவங்கள் நெபுலங்கள் எனப்படும். இவை, சிறப்பாக மூன்று வகைகளாகப் பிரிக்கப்படலாம்.

(i) பரந்த நெபுலம் (Diffuse)
(ii) இருண்ட நெபுலம் (Dark)
(iii) கோள் நெபுலம் (Planetary)

முதல் இரண்டு வகையான நெபுலங்கள் நமது அண்டத்தில் (பால் வழி) உள்ளன. முதல் வகையான நெபுலங்கள், பரந்த முகிற் படிவங்க ளாக, மங்கலான ஒளியோடு, திட்டுத் திட்டாகக் காட்சியளிக்கும். அவற்றைத் தனித்தனி விண்மீன்களாகப் பிரித்துக் காண இயலாது.

இரண்டாம் வகையான நெபுலங்கள், இருண்ட திட்டுகளாக அல்லது இருண்ட குறுகிய சந்துகளாகத் (lanes) தோன்றும். அங்குப் பெரும்பாலும் விண்மீன்களே இரா.

மூன்றும் வகையான நெபுலங்கள் (எண்ணிக்கை 150) சிறுசிறு உருண்டை வடிவமாக அல்லது முட்டை வடிவமாக உள்ள முகிற் கட்டுகள். சிலவற்றின் கருவாக ஏதோவொரு விண்மீனும் அவற்றின் நடுவில் இருக்கலாம். தொலைநோக்கி வழியாக அவை சிறுசிறு கோள் களைப்போல இருக்கிறபடியால், கோள் நெபுலங்களெனப் பெயர் பெற்றன.

21-9·2. பரந்த நெபுலங்கள் : ஆரியன் மண்டலத்திலுள்ள பெரிய நெபுலம் (Great Nebula in Orion) மிகப் பிரசித்தி பெற்ற நெபுலமாகும். அவை பலவிதமான உருவங்களோடு திகழ்கின்றன. உருவ அமைப்பையொட்டி, அவை பெயரிடப்பட்டிருக்கின்றன. டம்பெல் நெபுலம் (Dumb bell Nebula), நண்டு நெபுலம் (Crab Nebula), சாவிக்குழி நெபுலம் (Key hole Nebula) என்பவை சில.

நெபுலங்கள் இயற்கை ஒளி பெற்றவை அல்ல; அருகிலுள்ள விண் மீன்கள் ஒளி வீசி, அவை ஒளி பெறுகின்றன. இவை விண்மீன்களைச் சார்ந்திருக்கின்றபடியால், அவ் விண்மீன்களின் தூரம்கொண்டு, நெபுலங்களின் தூரத்தையும் கணிக்கலாம்.

இருண்ட நெபுலங்கள் : பால்வழியில் சில திட்டுகளில் விண் மீன்களே இல்லை; சில திட்டுகளில் விண்மீன்கள் மிகமிகக் குறைவு. இம்மாதிரியான திட்டுகள் பல, வானியல் அறிஞர்கள் கண்டார்கள். பார்னர்ட் (Barnard) அம்மாதிரியான 182 திட்டுகள் கணக்கெடுத் திருக்கிறர். இவை அப்பட்டமாக இருண்ட முகில் படிவங்களாகத் தோன்றுகின்றன. இவையெல்லாம் இருண்ட நெபுலங்கள் ஆகும். இவ்விதமான இருண்ட இடங்கள் டாரஸ், ஆரியன், ஆபியூகஸ் (Ophiuchus), விருச்சிகம் முதலிய விண்மீன் தொகுப்புகளில் காணப் படுகின்றன. இவற்றுள் மிகப் பிரசித்தி பெற்ற இருண்ட நெபுலம், தென்சிலுவை விண்மீனுக்கு (Southern Cross) அண்மையில் உள்ளது. கரிச்சாக்கு (Coal sack) என்பது அதன் பெயர். இது ஊனக்கண்கொண்டு பார்த்தாலே, ஒரு பெரிய கருமுகில் போலப் பால் வழியில் இருப்பதைக் காணலாம். ρ ஆபியூகஸ் பகுதியில் மற்றொரு பெரிய நெபுலம் இருக்கிறது.

கோள் நெபுலங்கள் : முதலில் இவற்றைக் கண்ட ஹெர்ஷல், ஒருவேளை இவை வேறேதும் கதிரவர்களுடைய குடும்பத்தைச் சேர்ந்தனவாயிருக்கலாமோ என ஐயப்பட்டார். ஆனால், அவரே இக்கூற்றுப் பொருந்தாது என முடிவுகட்டிக் கூறிவிட்டார். தொலைநோக்கியின் வழியாக அவை, உருண்டை உருண்டையான பொருள்களாகத் தோன்றுகின்றன. ஒரு மங்கலான விண்மீன் ஒவ்வோர் உருண்டைக்கும் உட்கருவாக இருக்கலாமெனத் தெரிகிறது.

மிகப் பிரசித்திபெற்ற கோள் நெபுலங்கள் :

(1) அண்ட்ரமீடாவில் (Andromeda) உள்ள பெரு நெபுலம்.

(2) லைராவில் (Lyra) உள்ள வளைய நெபுலம் (Ring).

(3) பெருங் கலப்பையில் (Ursa Major) உள்ள ஆந்தை நெபுலம்.

21-9·3. நம் அண்டத்திற்கு (பால் வழிக்கு) அப்பாற்பட்ட அண்டங்களில் உள்ள நெபுலங்கள் (Extra Galactic Nebulae) : நமது அண்டமாகிய பால்வழிக்கு அப்பாற்பட்ட அண்டங்களிலும் பலபல நெபுலங்கள் உள்ளன. இவற்றில் பெரும்பான்மையானவை சுருள் (Spiral) நெபுலங்கள். வானவெளியில் பல பகுதிகளில் புகைப் படமெடுத்து நெபுலங்களின் எண்ணிக்கை 108-க்கு அருகிலிருக்கலாமென மதிப்பிடப்பட்டிருக்கிறது. இவற்றில் பல மிகச் சிறியன ; மிக மங்கலான ஒளி பெற்றனவாகும் ; வெகு தூரத்திலுள்ளன. எனவே, இவை நமது அண்டத்திற்கு அப்பாற்பட்டவை என ஊகிக்கப்பட்டிருக்கின்றன. ஹப்பில் (Hubble) வகுத்தபடி, நமது அண்டத்திற்கு அப்பாற்பட்ட நெபுலங்கள் இருவகையானவை :

1. சீர்குறைந்த நெபுலங்கள் (Irregular).
2. சீராக அமைந்த நெபுலங்கள் (Regular).

சீர்குறைந்த நெபுலங்கள் : இவை ஒரு திட்டமான உருவமும் தோற்றமும் பெற்றவை அல்ல. இவ்வகைப்பட்ட நெபுலங்களுக்கு மெகல்லானிக் முகில்கள் (Megallanic clouds) மிகச்சிறந்த எடுத்துக் காட்டு. இம் முகில்கள்பற்றிப் பின்னர்த் தெளிவாகக் கூறப்பட்டிருக்கிறது. இவ்வகைப்பட்ட நெபுலங்கள் சிலவற்றை, புகைப்படத் தட்டை நெடுநேரம் படம் ஏற்கவைத்து (Long Exposure) ஆய்ந்ததில், சில விண்மீன்கள் அந்த நெபுலங்களில் புலப்பட்டன. இதுவரை நாமறிந்த சீர்குறைந்த நெபுலங்கள் மிகக் குறைவு. ஒருவேளை இன்னும் நம் புலனுக்கு எட்டாத சில இருக்கலாம்.

சீராக அமைந்த நெபுலங்கள் : இவ்வகைப்பட்ட நெபுலங்கள் ஒவ்வொன்றும் தமக்கே உரிய ஓரோர் உட்கரு (Nebula) பெற்றிருக்

கின்றன. அவை திட்டமான உருவந்தாங்கியுள்ளன. அவை சிறப்பாக, (i) நீள்வட்ட நெபுலங்கள், (ii) சுருள் (spiral) நெபுலங்கள், (iii) குறுக்குக் கம்பியுடைய சுருள் நெபுலங்கள் (barred spiral) உருவங்களில் உள்ளன.

(i) நீள்வட்ட நெபுலங்கள் ஏறக்குறைய வட்ட வடிவம், அல்லது நீள்வட்ட வடிவம் பெற்றவை.

(ii) சுருள் நெபுலங்கள் திட்டமான சுருள் வடிவம் தாங்கி நிற்கின்றன. இவை தட்டையாக, ஒரு மைய உட்கரு கொண்டு, மைய உட்கருவிற்கு இருபக்கங்களிலும் கைகள் நீட்டி இருப்பது போலக் காட்சியளிக்கின்றன. நீண்ட கைகளில் பல விண்மீன்கள் பொருந்தியிருப்பது போலத் தெரிகின்றன. இவை வெண்ணிறத்தவை; சில பச்சை நிறத்தவை.

(iii) குறுக்குக் கம்பியுடைய சுருள் நெபுலங்களில் உட்கருவினின்று கைகள் ஆரம்பமாவதில்லை. ஒரு தட்டையான ஒளிமிக்க கம்பி உட்கரு வழியாக அதற்கு முன்னும் பின்னும் நீள்கிறது. அக் கம்பியின் முனைகளிலிருந்து கைகள் நீண்டு, அக் கைகளில் விண்மீன்கள் பொருந்தியிருப்பனபோலத் தெரிகின்றன.

மெகல்லானிக் முகில்கள் : *சீர் குறைந்த நெபுலங்களின் சிறந்த எடுத்துக்காட்டாக மெகல்லானிக் முகில்கள் அமைந்திருக்கின்றன என முன்பு கூறினோம்.* அம் முகில்கள், பால்வழியின் தென்புறத்திலிருந்து பிய்த்தெடுக்கப்பட்ட இரண்டு பகுதிகள்போலத் தோற்றமளிக்கும். இம் முகில்களின் ஒரு பகுதிக்குப் பெருமுகில் (Large cloud) என்றும், மற்றொரு பகுதிக்குச் சிறுமுகில் (The small cloud) எனவும் பெயர் சூட்டப்பட்டிருக்கின்றன. பெருமுகில் டொரடோ (Dorado) மண்டலத்திலும், சிறுமுகில் டுகானு (Tucana) மண்டலத்திலும் உள்ளன. இம் முகில்களுள் பற்பல மிகமிக மங்கலான (ஒளித்தரம் 11 (*m*) முதல் தாழ்ந்த ஒளித்தரங்கள்) விண்மீன்கள் மறைந்து கிடக்கின்றன. இம் முகில்கள் 150,000 ஒளியாண்டுகள் தூரத்திற்கு அப்பாற் பட்டவை; அவற்றின் விட்டங்கள் அளவு முறையே 32,000 ஒளியாண்டுகளும் 25,000 ஒளியாண்டுகளுமாகும். ரேடியோ வானியலறிஞர்கள் இம் முகில்கள் சுழல்வதாக அறிவிக்கின்றனர்.

21-9·4. விரிந்துபோகும் பேரண்டம் (The Expanding Universe): இப் பேரண்டம் நிலையாக இருக்கவில்லை; விரிந்து கொண்டே போகிறதென்ற கருத்தை மறைமுகமாக முதலில் அறிவித்தவர் பேராசிரியர் வில்லியம் டி சிட்டர் (William de Sitter) ஆவார். இவரது கருத்துகள் சில, நாம் பேரண்டத்தைப்பற்றி யறிந்துள்ள உண்மைகளுக்கு ஒரு புத்துயிர் கொடுத்தது. இவர்

கருத்துப்படி, இப் பேரண்டம் 4000×10^6 ஒளியாண்டுகள் விட்டமுடையது. இப் பேரண்டத்தில் $80,000 \times 10^6$ அண்டங்கள் உள்ளன.

புகழ்பெற்ற வானியலறிஞர் ஆர்தர் எடிங்க்டன் (Arther Eddington) நாமெல்லாம் புரிந்துகொள்ளும் வகையில் அண்டம், பேரண்டம்பற்றிக் கூறியிருப்பதை இங்கு மொழிபெயர்த்துத் தருகிறோம்.

'ஓர் அண்டம், 10" விண்மீன்களாலாயது',

'இப்பேரண்டம், 10" அண்டங்களாலாயது'.

எடிங்க்டன் கருத்துப்படி, இப்பேரண்டம் விரிந்துகொண்டே போகிறது. நெபுலங்கள் தங்கள் இடம் மாறி வெகுதூரத்தில் சென்றுகொண்டேயிருக்கின்றன. ஐன்ஸ்டைனின் சார்ச்சித் தத்துவம் (Einstein's Theory of Relativity) இப்பேரண்ட விரிவுக்கு ஆதாரம் கொடுத்து ஆக்கமளிக்கிறது. சார்ச்சித் தத்துவப்படி பேரண்ட விசைக்களத்தில் (The Complete field of force), நியூட்டன் கண்ட ஈர்ப்புச்சக்தி மட்டுமில்லாமல், (மாறுவிகித இருபடி விகிதம்) தூரத்திற்கு நேர் விகிதத்தில் ஒரு தள்ளும் சக்தியும் தூரத்திற்கு நேர்விகிதத்தில் இருக்கிறது; இச் சக்தி தள்ளும் ஆற்றலும் சிதறடிக்கும் ஆற்றலும் ஒருங்கே பெற்றிருக்கிறது (A repulsive or scattering force varying directly as the distance). இச்சக்தி பேரண்ட உந்தம் (Cosmical repulsion) எனப் பெயர் பெறும். இவ்வுந்தம் கதிரவன் குடும்பத்திலும், அருகிலுள்ள விண்மீன் மண்டலங்களிலும் இல்லவேயில்லையென்று கூறலாம்; அப்படியிருப்பினும் அதன் விளைவு எதுவும் நாம் எவ்வளவு நுட்பமாக அளப்பினும் காணமுடியவில்லை. 150×10^6 ஒளியாண்டுகள் தூரம்வரைதான் நாம் இப்போது பேரண்ட விளைவுகளைக் காணமுடியும். அந்த எல்லைகளுக்கருகில், இப் பேரண்ட உந்தத்தின் விளைவாக, விண்பொருள்களும் நெபுலங்களும் சிதறடிக்கப்பட்டு வருகின்றனவென ஓரளவு தெரிகிறது. ஆனால், நெபுலங்கள் வேகமாகப் பேரண்டத்தில் விரிந்தோடிக்கொண்டேயிருக்கின்றனவென நம்ப இடமிருக்கிறது. (Sir Arther Eddington: 'The Expanding Universe' என்ற நூலில் மேலும் விவரங்கள் காண்க.)

21–9·5. விரிந்துசெல்லும் பேரண்டத்தைப்பற்றி மூன்று வெவ்வேறு கருத்துகள் இன்று நிலவுகின்றன. அவையாவன:

(1) பேரண்டத்தின் அரைவிட்டம் ஒரு மீப்பெரு மதிப்புக்கும் ஒரு மீச்சிறு மதிப்புக்குமிடையே மாறிக்கொண்டு இருக்கிறது.

(2) ஆரம்பத்தில் பேரண்டத்தின் அரைவிட்டம் சிறிதாக விருந்து, காலவட்டத்தில் மிகமிகப் பெரிதாக வளரக்கூடிய வாய்ப்புகள்

உள்ளன. ஆனுல், இவ்வளர்ச்சி கந்தழி காலத்தில்தான் ஏற்படக்கூடும்.

(3) ஆரம்பத்தில் பேரண்டத்தின் அரைவிட்டம் மிகப் பெரிதாக விருந்து காலவட்டத்தில் குறுகி, ஒரு மீச்சிறு மதிப்புப் பெற்றது. அதன் பிறகு விரியும்.

இந்த மூன்று கொள்கைகளில் எக் கொள்கையில் இப் பேரண்டம் அடங்குமெனத் தெரிய வழியில்லை. ஆனுல், இப்போது இப் பேரண்டம் விரிந்து போய்க்கொண்டேயிருக்கிறது என்பதில் ஐயமில்லை.

இன்று நாமறிந்த வரையில் 13×10^8 ஆண்டுகளில் இப் பேரண்டம் இரண்டு மடங்கு விரிந்துவிடும் எனத் தெரிகிறது. இம் மண்ணுலகம் 30×10^8 ஆண்டுகளுக்குமுன் உருவாயிற்றென்ற கூற்றை ஏற்றுக் கொண்டால், எல்லாத் தூரங்களும் நான்கு மடங்குக்குமேல் விரிந்திருக்க வேண்டும்.

பிற்குறிப்பு I

அழியாப் புகழ்பெற்ற வானியல் மேதைகள்

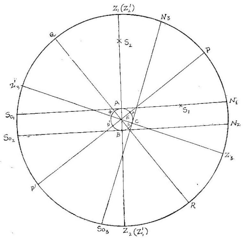
A.D. CHRISTIAN ERA. YEAR OF BIRTH

John Flamsteed	1646	Christoffer Duner	1839
Christian Huyghens	1629	Charles Pickering	1846
Edmund Halley	1656	George Hale	1868
James Bradley	1693	Norris Russel	1877
James Fergusson	1710	Julius Schmidt	1825
Louis Lagrange	1736	Eduard Schonfeld	1828
Simon Laplace	1749	Giovanni Schiaparelli	1835
Wilhelm Herschel (S)	1738	Camille Flammarion	1842
William Herschel (J)	1792	Percival Lowell	1855
Johann Schroter	1745	Henry Pickering	1858
Wilhelm Olbers	1758	Edward Barnard	1857
William Bessel	1784	Max Wolf	1863
Samuel Schwabe	1798	Anthony Proctor	1837
Franz Encke	1791	Ellard Gore	1845
Wilhelm Struve	1793	Giovanni Celoria	1842
Heinrich Madler	1794	Hugo Seeliger	1849
Wilhelm Argelander	1799	David Gill	1843
Thomas Henderson	1798	Cornelius Kapteyn	1851
Jean Le Verrier	1811	William de Sitter	1872
John Adams	1819	Melvin Slipher	1875
Joseph Fraunhofer	1787	Albert Einstein	1878
Robert Kirchoff	1824	Arthur Eddington	1882
Giovanni Donati	1826	James Jeans	
Angelo Secchi	1818	Harlow Shapley	1885
William Huggins	1824	Van Rhijn	1886
Jules Janssen	1824	Fred Hoyle	
Joseph Lockyer	1836	S. Chandrasekhar	
Johann Zollner	1834	Sir Bernard Lovell	
Carl Vogel	1842	Narlikar	

பிற்குறிப்பு II

வானக்கோளம் : 3-2

படம் II. பார்க்க. E என்ற சிறுவட்டம் வானக்கோளத்தைக் குறிக்கிறது. பகுதி 3-2-ல் குறிப்பிட்டபடி, உலகமே வானக்கோளத்தின் நடுவில் ஒரு புள்ளியாகக் கருதப்படும் அளவிற்குச் சிறியதாகிவிடுகிறது. A, B, C என்பவை உலகின் மேற்பரப்பில் மூன்று வெவ்வேறு இடங்கள்.



படம் II
மண்ணுலகையே மையமாகக் கொண்டு கற்பனை செய்யப்படும்
பெரிய வானக் கோளம்.

A-ம் B-ம் நேரெதிர் இடங்கள். A, B, C என்ற இடங்களில் முறையே $S_{01}N_1$, $S_{02}N_2$, $S_{03}N_3$ என மூன்று தொடுதளங்கள் வரையப்பட்டு அவை, வானக்கோளத்தை முறையே $S_{01}N_1$, $S_{02}N_2$, $S_{03}N_3$ என்ற

வட்டங்களில் வெட்டுகின்றன. உலக ஆரத்தைவிட வானக்கோளம் பன்மடங்கு பெரிய ஆரம் பெற்றிருப்பதால், $S_{01}N_1$, $S_{02}N_2$, $S_{03}N_3$ என்ற வட்டங்களைப் பெருவட்டங்களெனக் கொள்வதில் பெரும்பிழை நேர்ந்து விடாது. எனவே, $S_{01}N_1$ என்ற பெருவட்டம் A-ன் தொடுவானம்; $S_{02}N_2$ என்ற பெருவட்டம் B-ன் தொடுவானம்; $S_{03}N_3$ என்ற பெருவட்டம் C-ன் தொடுவானம்; AE, CE இரண்டையும் இருபக்கமும் நீட்டி வானக் கோளத்தை வெட்டச் செய்க.

A என்ற இடத்தில் இருப்பவன் A-ல் கால் வைத்து நிற்பான்.

Z_1 பக்கம் அவன் தலை இருக்கும். புவிஈர்ப்புச் சக்தியின் திசை $\overrightarrow{AE}$; அவன் தொடுவானம் $S_{01}N_1$; அப் பெருவட்டத்திற்குமேல் $S_{01}Z_1N_1$ என்ற அரைக்கோளத்திலுள்ள வான்பொருள்கள் யாவும் அவனது பார்வையிலிருக்கும். அதற்குக்கீழே $S_{01}Z_1'N_1$ என்ற அரைக்கோளத்தில் உள்ள வான்பொருள்கள் அவன் பார்வைக்குத் தெரியாது.

B என்ற இடத்தில் இருப்பவன் B-ல் கால் வைத்து நிற்பான்;

Z_2 பக்கம் அவன் தலை இருக்கும். புவிஈர்ப்புச் சக்தியின் திசை $\overrightarrow{BE}$; அவன் தொடுவானம் $S_{02}N_2$; அப் பெருவட்டத்திற்குமேல் (அவனுக்கு மேல்—படத்தில் கீழ்) $S_{02}Z_2N_2$ என்ற அரைக்கோளத்திலுள்ள வான்பொருள்கள் யாவும் அவனது பார்வையிலிருக்கும். அதற்குக் கீழே (அவனுக்குக் கீழே—படத்தில் மேல்) $S_{02}Z_2'N_2$ என்ற அரைக்கோளத்திலுள்ள வான்பொருள்கள் அவனுக்குத் தெரியாது.

C என்ற இடத்திலிருப்பவன் C-ல் கால் வைத்து நிற்பான்;

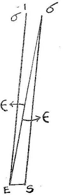
Z_3 பக்கம் அவன் தலையிருக்கும். புவிஈர்ப்புச் சக்தியின் திசை $\overrightarrow{CE}$. அவன் தொடுவானம் $S_{03}N_3$; அப்பெரு வட்டத்திற்குமேல் (படத்தில் வலப்புறம்) $S_{03}Z_3N_3$ என்ற அரைக்கோளத்திலுள்ள வான்பொருள்கள் யாவும் அவனது பார்வையிலிருக்கும்; அதற்குக் கீழே (படத்தில் இடப்புறம்) $S_{03}Z_3'N_3$ என்ற அரைக்கோளத்திலுள்ள வான்பொருள்கள் யாவும் அவனுக்குத் தெரியாது.

எனவே, காட்சியாளன் இடத்தையொட்டி, அவனுக்கு மேலேயுள்ள அரைக்கோளத்தில் அவன் பார்வைப் பொருள்களும், மற்றைய அரைக்கோளத்தில் அவன் பார்வைக்குப் படாத பொருள்களும் இருக்கும்.

S_1 என்ற விண்மீன் A என்ற காட்சியாளனுக்கு உதயமாகும் சமயத்தில் B என்ற காட்சியாளனுக்கு அது மறைந்திருக்கும்; C என்பவனுக்கு அவனுடைய தொடுவானத்திற்குமேலே அது சிறிது உயர்ந்து காட்சியளிக்கும்.

S_2 என்ற வான்பொருள் A-க்கு நேர்உச்சியிலும், B-க்கு முற்றிலும் மறைந்தும், C-க்கும் மறைந்தும் இருக்கும்.

pp' என்ற உலகத் துருவ (சுழல்) அச்சு நீட்டப்பட்டால், அது வானக்கோளத்தை P, P' என்ற குறிப்பிட்ட இடங்களில் வெட்டும். pp'-க்குச் செங்குத்தான தளத்தின் வெட்டுமுகமான உலக நடுவரையும், PP'-க்குச் செங்குத்தான தளத்தின் வெட்டுமுகமான வான நடுவரையும், ஒரே தளத்தின் மேலிருக்கும். qr, QR காண்க. எனவே, PP'-ன் இடம் வானக்கோளத்தில் நிலையாகப் பதிக்கப்பட்டிருக்கிறது. எனவே, QR-ம் நிலையாகப் பதிக்கப்பட்டிருக்கிறது. மேலும் P, P' இரண்டும் வானக்கோளத்தில் எல்லோருக்கும் நிலைத்த புள்ளிகள். மேலும், கதிரவன், சந்திரன், கதிரவன் குடும்பக் கோள்கள் நீங்கலாக, விண்மீன்கள் யாவும் கோடானுகோடி கிலோமீட்டர்களுக்கு அப்பால் இருப்பதால், உலகத்தில் எந்த இடத்தில் காட்சியாளன் இருந்தாலும், வானக்கோளத்தின்மேல் ஒரு குறிப்பிட்ட விண்மீனின் இடம், ஒரே இடத்தில்தான் பொருந்தியிருக்கும். படம் (2) II இதை விளக்கம் செய்யும்.



படம் (2) II

σ ஒரு விண்மீன் (பல கோடானு கோடி கிலோமீட்டர்கள் தூரத்தில் உள்ளது.) E, S இரண்டும் உலகின் மேற்பரப்பில் இரண்டு இடங்கள் ; $E\sigma' \parallel S\sigma$ என வரைக.

$$E\text{-லிருந்து } \sigma\text{-ன் திசை } \overrightarrow{E\sigma}$$

$$S\text{-லிருந்து } \sigma\text{-ன் திசை } \overrightarrow{S\sigma}$$

$$\text{திசைமாற்றம் } \epsilon = E\hat{\sigma}S = \sigma'\hat{E}\sigma$$

$$\frac{\sin\epsilon}{ES} = \frac{\sin\sigma ES}{S\sigma}$$

$$\therefore \sin\epsilon = \frac{ES}{S\sigma} \cdot \sin\sigma\hat{E}S$$

$\sin\sigma ES \ngtr 1$; $\frac{ES}{S\sigma}$ மிகமிகச் சிறியது. $\frac{1}{10^{10}}$ எனக் கொண்டாலே, ϵ மிகமிக அற்பமானதாகும் ; கணக்கில்கூட அகப்படாத அளவு

சிறியதாய்விடும். எனவே E, S என்ற எவ்விடத்திலிருந்து பார்ப்பினும், σ-க்கு திசைமாற்றம் இல்லையெனவே கூறலாம்.

S-லிருந்து திசை $\overrightarrow{S\sigma}$ எனவும், E-லிருந்து திசை $\overrightarrow{E\sigma'} \parallel \overrightarrow{S\sigma}$ எனவும் கொள்ளலாம். எடுத்துக் காட்டாக, ஐந்து கிலோமீட்டர் தூரத்திலுள்ள ஒரு பொருளைப் பார்ப்பவன், இப்படி அப்படி 1 அல்லது 2 செ.மீ. நகர்ந்தாலுயின், திசை வேறுபாடு ஒன்றும் கணக்கிடக்கூடிய அளவுக்கு இருக்காது. எனவே, மிகமிகப் பெரிய ஆரம் கொண்ட ஒரு வானக் கோளத்தை நாம் கற்பனை செய்துகொண்டால்,

(1) காட்சியாளன் எப்பகுதியிலிருந்தாலும் அவன் விண்பொருள்களை அக் கோணத்தின் மேற்பரப்பில் குறிப்பது வெவ்வேறு இடங்களைத் தராது.

(2) வானக்கோளத்தை யொட்டி, நிலையான திசைகளில் வரையப்படும் நேர்கோடுகள் யாவும், நிலைத்த திசைக்கோடுகளாகவும், அவை வானக்கோளத்தை வெட்டும் புள்ளிகள், அவ் வானக்கோளத்தின் மேல் நிலைத்த புள்ளிகளாகவும் அமையும்.

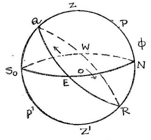
(3) விண்மீன்கள் பலபல கோடானு கோடி கிலோமீட்டர்கள் தூரத்தில் இருப்பதால், உலகத்தின் மேற்பரப்பின் எந்த இடத்திலிருந்து பார்த்தாலும், அவை திசை மாறுது.

(4) ஆனால், மண்ணுலகில் வெவ்வேறு இடங்களிலிருக்கும் காட்சியாளர்களுக்கு விண்மீன்கள் வானக்கோளத்தின்மேல் வெவ்வேறு இடங்களில் தோன்றும். முன்னர்க் கூறியபடி A, B, C என்ற இடங்களில் S_1, S_2 என்ற விண்மீன்கள் எப்படித் தோற்றமளிக்கின்றன வென்பதைக் காண்க.

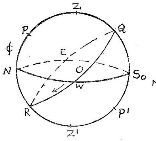
பிற்குறிப்பு III

வானக்கோளம்-வட, தென் அகலாங்குகளில்

ϕ வட அகலாங்கில் உள்ள இடம் : வானக்கோளம்
(Celestial Sphere - A place in North Latitute)

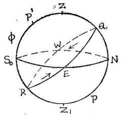


படம் III (1) ஒருபுறம்

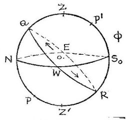


படம் III (2) மற்றைய புறம்

ϕ - தென் அகலாங்கில் உள்ள இடம் : வானக்கோளம்
(Celestial Sphere - A place in South Latitude)



படம் III (3) ஒருபுறம்



படம் III (4) மற்றைய-புறம்

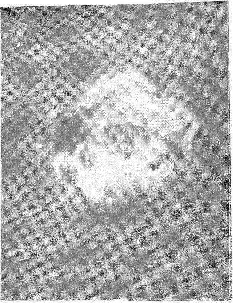
பிற்குறிப்பு IV (பகுதி 14-0)

பேரண்டத்தில் இன்னும் கதிரவர்கள்

நமது அண்டமாகிய பால்வழி மண்டலத்தில் கதிரவன் குடும்பம் போலவே, விண்மீன்கள் சில ஒரொரு கோள்களைப் பெற்றிருக்கின்றன என்று தெரிகிறது. ஆனால், இக் கோள்களைப் படம் பிடித்துப் பார்க்க இதுவரை இயலவில்லை. எனினும், வானியல் அறிஞர்கள் தங்கள் ஆராய்ச்சிகளின் பலனாக, அக் கோள்கள் இருப்பதை ஒருவாறு முடிவு கட்டியிருக்கின்றனர். அவை வியாழனைப் போல 20 மடங்கு எடையுள்ளவையாயிருப்பினும், மிகச் சிறியதாயிருப்பதாலும், மிகமிகத் தூரத்தில் இருப்பதாலும் அவற்றினை மண்ணுலகத்தினின்று காண முடியவில்லை.

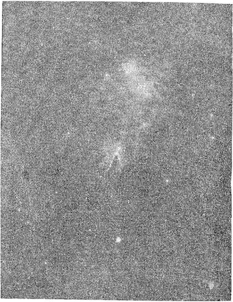
இன்னும் சில கோள்களும் அவ் விண்மீன்களை மையங்கொண்டு இயங்குவதாயு மிருக்கலாம். ஆனால், இன்றுவரை ஆராய முடிந்தநிலையில் திட்டவட்டமாக அவற்றினைப்பற்றி ஒன்றும் கூற இயலவில்லை. பின் வரும் பட்டியலில் கதிரவன்போலக் கோள்கள் பெற்ற விண்மீன்கள் சில.

விண்மீன்	மண்ணுலகத்திலிருந்து தூரம் (ஒளியாண்டுகள்)	வியாழன் எடை அலகில், சுற்றிவரும் கோளின் எடை விகிதம் (Mass of companion relative to Jupiter)
பார்னர்ட்	6·1	1·5
லாலாண்டே 21185	7·9	10·0
61 சிக்னி	11·1	8·0
$BD+5°$ 1668	12·4	20·0
C 1·2354	15·1	20·0
$BD+20°$ 2465	15·5	20·0
$BD+43°$ 4305	15·7	20·0
CIN · 2347	25·5	20·0



"மானசீரஸ்" (Monoceros) விண்மீன் கூட்டம் - ராசெட் நெபுலம் (Rosette Nebula) - அருகிலுள்ள விண்மீன்களின் ஒளியால் ஒளி பெற்றிருப்பது.

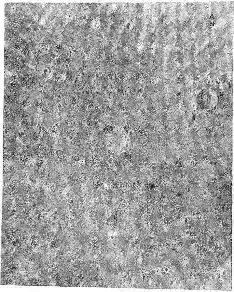
(National Geographic Society - Palomar Observatory - Sky Survey) —U. S. I. S. நன்கொடை.



'மானசீரஸ்' (Monoceros) விண்மீன்க் கூட்டம் - ஒரு பகுதி; பால்வழியில் அமைந்துள்ளது.

(National Geographic Society - Palomar Observatory - Sky Survey)

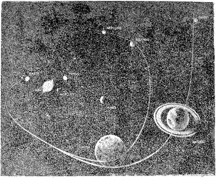
—U. S. I. S. நன்கொடை.



'கொபர்னிகஸ்'—தொலைநோக்கி மூலம் காட்சி

இது சந்திரனில் உள்ள ஒரு பெரிய பள்ளத்தாக்குக்கு - கொபர்னிகஸ் எனப் பெயர் பெற்றது. லிக் (Lick) வானாய்வுச் சாலையிலுள்ள 3·148 மீட்டர் ஒளி திருப்பு முறைத் தொலைநோக்கி வழியாகப் பெற்ற படம். (லிக் வானாய்வுச் சாலை, ஹாமில்டன் மவுண்ட், கலிபோர்னியா—(Lick Observatory, Hamilton Mount, California)

—U. S. I. S. நன்கொடை.



மண்ணுலகினின்று புறப்படும் செயற்கைக் கோள்கள் - கதிரவன் குடும்பத்திலுள்ள எல்லாக் கோள்களுக்கும், இவ்வழியாகத்தான் பயணம் செய்யத் திட்டமிட்டிருக்கின்றனர். இரண்டு, ஜுபிடர், உரேனஸ், நெப்டியூனைக் கடந்து செல்லும்; இரண்டு, ஜுபிடர், சனி, புளூட்டோவைக் கடந்து செல்லும். எல்லாம் கடந்து சென்று, கதிரவன் குடும்பத்திற்கு அப்பால், வெட்ட விண்வெளியில் போய்விடும்.

—U. S. I. S. நன்கொடை.

கலைச்சொல் அகராதி

A

Aberration — பிறழ்ச்சி
Annual aberration — ஆண்டியக்கப் பிறழ்ச்சி
Aberration of Light — ஒளிப் பிறழ்ச்சி
Aberration, chromatic — நிறப் பிறழ்ச்சி
Aberration, constant of / Aberration, coefficient of — ஒளிப் பிறழ்ச்சி (க்)கெழு / மாறிலி
Aberration Diurnal — தின இயக்கப் பிறழ்ச்சி
Aberration Planetary — கோள் பிறழ்ச்சி
Absolute — தனி, மட்டு
Absolute value — தனி / மட்டு மதிப்பு
Absolute velocity — தனி வேகம்
Acceleration — முடுக்கம்
Acceleration angular — கோண முடுக்கம்
Acceleration radial — ஆரை முடுக்கம்
Acceleration transverse — குறுக்கு முடுக்கம்
Acceleration uniform — சீரான முடுக்கம்
Acceleration due to gravity — புவியீர்ப்பு முடுக்கம்
Achromatic Telescope — நிறப்பிறழ்ச்சி நீக்கிய தொலை நோக்கி
Age of the Moon — சந்திரன் கலை (வயது)
Aldebaran — உரோகிணி
Algol — பரணி
Altair — திருவோணம்
Altazimuth — திசை உயரமானி
Altitude — குத்துக்கோடு, குத்துயரம், கோணவேற்றம் (வா)
Altitude parallel of — (அடிவான) இணைவட்டம்
Altitude of celestial pole — வான துருவத்தின் உயரம்/ ஏற்றக்கோணம்
Angle — கோணம்
Angle spherical — கோளக்கோணம்
Angle of declination — சரிவுக் கோணம்
Angle of depression — இறக்கக்கோணம்

Angle of dip	— தாழ்வுக் கோணம்
Angle of elevation	— ஏற்றக்கோணம்
Angle of incidence	— படுகோணம்
Angle of refraction	— முறி/விலகு/கோட்ட(க்) கோணம்
Angular acceleration	— கோண முடுக்கம்
Angular diameter	— கோண விட்டம்
Angular distance	— கோணத் தொலை
Annular	— கங்கண, வளைவடிவ நடு,
Annular Eclipse (Sun)	— கதிரவன் நடு மறைவு, கங்கணச் சூரியகிரகணம்,
Anomaly	— நெறிப் பிறழ்ச்சி
Anomaly Eccentric	— மையப் பிறழ்ச்சி
Anomaly True	— இயல்புப் பிறழ்ச்சி
Anomaly, Mean	— சராசரிப் பிறழ்ச்சி
Anomalistic Year	— அண்மை நிலையாண்டு
Antarctic Circle	— அன்டார்க்டிக் வட்டம், தென் துருவ வட்டம்
Anti-clockwise	— இடஞ்சுழியாக
Anti-podal	— எதிர் துருவ
Anti-node	— எதிர்க்கணு
Apex	— உச்சி, சிகரம்
Apex of Earth's way	— புவி வழி முனை, மண்ணுலக வழிமுனை
Apex (Solar)	— கதிரவன் உச்சி
Aphelion	— மண்ணுலகச் செய்மைநிலை (கதிரவனிலிருந்து)
Apogee	— கதிரவன் செய்மைநிலை (மண்ணுலகிலிருந்து)
Apparent	— தோற்ற
Apparent position	— தோற்ற நிலை
Apparent distance	— தோற்றத் தூரம்
Apparent magnitude	— தோற்ற அளவு
Apparent magnitude of a star	— விண்மீனின் தோற்ற ஒளித்தரம்
Apparent midnight	— தோற்ற நள்ளிரவு
Apparent noon	— தோற்ற நண்பகல்
Apparent orbit of the Sun	— கதிரவன் தோற்றப் பாதை
Apparent Solar Time	— தோற்றக் கதிரவன் நேரம்
Apparent Solar Day	— தோற்றக் கதிரவன் நாள்
Apparent Sun	— தோற்றக் கதிரவன்

Apse	—	கவியம்
Apse line	—	கவியக் கோடு
Apse distance	—	கவியத் தூரம்
Apsidal angle	—	கவியக் கோணம்
Aquarius	—	கும்பம்
Arc	—	வில்
Arc Major	—	பெரு வில்
Arc Minor	—	சிறு வில்
Arctic circle	—	ஆர்க்டிக் வட்டம், வடதுருவ வட்டம்
Arcturus	—	சுவாதி (விண்மீன்)
Area of a Lune	—	பிறைப் பரப்பளவு
Areal Velocity	—	பரப்பு வேகம்
Aries	—	மேடம், மேட ராசி
Aries first point of	—	மேட முதற்புள்ளி
Asterism (Lunar)	—	நாள்மீன் (நாளின் நட்சத்திரம்)
Asteroid	—	சிறு கோள்
Astronomy	—	வானியல், வானவியல்
Astronomical Mean Sun	—	வானியல் சராசரிக் கதிரவன்
Astronomical Refraction	—	வான ஒளிக்கோட்டம், வான ஒளிக் கதிர்க்கோட்டம்
Autumnal Equinox	—	இலையுதிர் புள்ளி, இலையுதிர் கால சமஇரவுப் புள்ளி
Auxiliary Circle	—	துணைவட்டம்
Axis	—	அச்சு, ஆயம்
Axis Major	—	பேரச்சு
Axis Minor	—	சிற்றச்சு
Axis of Revolution	—	சுற்றலச்சு, சுற்றச்சு
Axis of Rotation	—	சுழலச்சு, சுழற்சியச்சு
Axis Polar	—	துருவ அச்சு
Axis of Symmetry	—	சமச்சீரச்சு
Azimuth of a star	—	விண்மீனின் அடிவான தூரம்
Azimuthal plane	—	திசை விற்றளம்
Azimuthal error	—	திசை விற்பிழை

B

Bearing	—	கோணம், திசைக்கோணம்
Binary Stars	—	இணை விண்மீன்கள்
Binaries, Eclipsing	—	மறைக்கக்கூடிய இணை விண்மீன்கள்

Binaries True	—	இயல்பான இணை விண்மீன்கள்
Binaries Visual	—	தோற்ற இணை விண்மீன்கள்

C

Calendar	—	பஞ்சாங்கம், ஆண்டுக் குறிப்பு, காலக் கணிப்பு முறை
Canals on Mars	—	செவ்வாயின் கால்வாய்கள்
Cancer	—	கடகம்
Cancer Tropic of	—	கடகரேகை
Canis Major	—	பெருநாய் மண்டலம்
Canis Minor	—	சிறுநாய் மண்டலம்
Canopus	—	அகத்தியர்
Capricorn	—	மகரம்
Capricorn Tropic of	—	மகரரேகை
Celestial	—	வான
Celestial axis	—	வான அச்சு
Celestial Co-ordinates	—	வான ஆயத்தொலைகள்
Celestial Equator	—	வான நடுவரை
Celestial Horizon	—	அடிவானம், தொடுவானம்
Celestial Latitude	—	வான அகலாங்கு
Celestial Longitude	—	வான நெட்டாங்கு
Celestial Meridian	—	வான உச்சிவரை
Celestial Pole	—	வானத் துருவம்
Celestial Sphere	—	வானக்கோளம்
Central	—	மையமான
Central axis	—	மையவச்சு
Central orbit	—	மைய இயங்குபாதை, மைய வொழுக்கு
Centre of orbit	—	இயங்குபாதை மையம், ஒழுக்கு மையம்
Centre of oscillation	—	அலைவு மையம்
Centrifugal	—	மைய விட்டோடும்
Centripetal	—	மைய நாட்ட, மைய நோக்கும்
Chromosphere	—	நிறமண்டலம், செந்நிறப்புரை
Chromosphere Solar	—	கதிரவனின் செந்நிறப்புரை
Chronograph	—	கால வரைபடம்
Chronometer	—	கிரீனிச் கடிகாரம்
Circle	—	வட்டம்
Circle great	—	பெருவட்டம்
Circle of position	—	தலவட்டம் (வா)

Circle small — சிறுவட்டம்
Circle semi — அரைவட்டம்
Circumpolar Star — மறையா / உதியா விண்மீன்
Civil Time — அமல் நேரம்
Civil Year — நிர்வாக ஆண்டு
Clock, Celestial (Sideral) — வானியல் கடிகாரம், மீன்வழிக் கடிகாரம்
Clock Stars — காலங்குறிக்கும் விண்மீன்கள்
Clock wise — வலஞ்சுழியாக
Cluster of Stars — விண்மீன் திரள்/கொத்து
Cluster of Stars Variables — விண்மீன் மாறிகள்
Co-latitude — இணை அகலாங்கு
Collimation — நேர்வரிசைப்படுத்து
Collimation Error — நேர்வரிப்பாட்டுப் பிழை
Colure — வானதுருவ வட்டம்
Colure Equinoctical — சமஇரவு வட்டம்
Colure Solstial — திருப்ப வட்டம்
Comets — வால் விண்மீன்கள், வால் மீன்கள், வால் நட்சத்திரங்கள்
Common — பொது
Common Tangent — பொதுத் தொடுவரை
Common Tangent Direct — நேர்பொதுத் தொடுவரை
Common Tangent Transverse — குறுக்குப் பொதுத் தொடுவரை
Compensated Pendulum — ஈடு செய்த ஊசலி
Concentric circles — ஒருமைய வட்டங்கள்
Cone — கூம்பு
Confocal — ஒரு குவியமுள்ள
Conic — கூம்பு வளைவு
Conjunction — ஒருதிசைநிலை, இணையல் நிலை
Conjunction Inferior — ஒருதிசைநிலை அண்மை
Conjunction Superior — ஒருதிசைநிலை சேய்மை
Constellation — விண்மீன் மண்டலம்
Convex — குவிந்த
Co-ordinates — ஆயத்தொலைகள்
Co-ordinates, Galactic — அண்ட ஆயத்தொலைகள்
Corona — ஒளிர்மகுடம்
Coronograph — ஒளிவளைய வரையி
Crab Nebula — நண்டு நெபுலம்
Cusp — பிறைமுனை, கூர்

D

Dark Nebula — இருண்ட நெபுலம்
Day — நாள்
Day Apparent Solar — கதிரவன் வழித்தோற்ற நாள்
Day Civil — அமல்நாள்
Day Lunar — மதியநாள்
Day Mean Solar — சராசரிக் கதிரவன் நாள்
Day Sidereal — மீன்வழி நாள்
Declination — நடுவரை விலக்கம்
Declination North — நடுவரை (வடக்கு)
Declination South — நடுவரை (தெற்கு)
Declination Circle (Hour Circle) — நடுவரைக் குத்துவட்டம்
Degree — பாகை
Diffuse Nebula — விரவிதிற்கும் நெபுலம்
Diurnal — தினசரி, நாள்தோறும்
Diurnal Motion — தினசரி இயக்கம்
Diurnal Path — தினசரிப் பாதை
Doppler's Effect — டாப்ளர் விளைவு
Double Stars — இரட்டை மீன்கள்
Dwarf Star — குறுமீன்
Dynamical Mean Sun — இயக்கவிடைக் கதிரவன்

E

Earth — மண்ணுலகம், உலகம், புவி
Earth's axis — மண்ணுலக அச்சு, புவியச்சு
Earth Shine — புவிநிலவு, புவியொளி, மண்ணுலகவொளி
Earth's Zones — மண்ணுலக மண்டலங்கள்
Earth Torrid Zone — வெப்ப மண்டலம்
Earth Temperate Zone — மிதவெப்ப மண்டலம்
Earth Frigid Zone — குளிர்மண்டலம்
Eccentric angle — மையகவற்சிக் கோணம்
Eccentricity — குவிமையப் பிறழ்வு
Eclipse — கிரகணம், மறைப்பு
Eclipse Annular (Solar) — கங்கணச் சூரியகிரகணம், கதிரவன் நடுமறைப்பு
Eclipse Lunar — சந்திரன் மறைப்பு
Eclipse Partial — பகுதி மறைப்பு, குறை மறைப்பு, பார்சுவ கிரகணம்

Eclipse Solar — கதிரவன் மறைப்பு
Eclipse Total — முழுமறைப்பு, பூர்ணகிரகணம்
Ecliptic — கதிரவன் பாதை, ஞாயிற்றின் தோற்றப்பாதை
Ecliptic obliquity of — கதிரவன் பாதைச் சாய்வு
Ecliptic Limits — மறைப்பு வரம்புகள்
Ecliptic Limits Major — மீப்பெரு மறைப்பு வரம்புகள்
Ecliptic Limits Minor — மீச்சிறு மறைப்பு வரம்புகள்
Ellipse — நீள்வட்டம்
Elliptic orbit — நீள்வட்டப் பாதை
Equation of Centre — மையக் குறை-நிறைச் சமன்பாடு (E)
Equation of Motion — இயக்கச் சமன்பாடு
Equation of Time — காலக் குறை-நிறைச் சமன்பாடு
Equator — நடுவரை
Equator Celestial — வான நடுவரை
Equator Terrestrial — மண்ணுலக நடுவரை
Equator Galactic — விண்மீன் கூட்ட நடுவரை
Equator Plane of — நடுவரைத் தளம்
Equinox — சமஇரவுப் புள்ளி
Equinox Vernal — இளவேனிற் புள்ளி
Equinox Autumnal — இலையுதிர் புள்ளி
Equinox Precession of — சமஇரவுப் புள்ளி நகர்ச்சி, மேட முதற்புள்ளி நகர்ச்சி
Expansion — விரிவு
Expansion of the Universe — பேரண்ட விரிவு
Explosive Star — வெடி விண்மீன்
Eye-piece (of a telescope) — விழியருகு வில்லை, காட்சியருகு வில்லை, கண்பக்க வில்லை

F

Finder — உதவி, சிறுதொலை நோக்காடி
Fluid — நெகிழ்பொருள்
Focus — குவியம்
Force — விசை
Force Component of — விசையின் பிரிவு
Force Field of — விசைக்களம்
Force Gravitational — ஈர்ப்புவிசை
Force Resultant — விசைத் தொகை
Forecast — முன்கூட்டிக் கூறு(தல்)

G

Galaxy — அண்டம்
Extra Galactic — அண்டத்திற்கப்பால்
Gemini — மிதுனம்
Generate — விளைவி, பிறப்பி
Generator — பிறப்பாக்கி
Geodesy — மண்ணுலக மேற்பகுதிக்குரிய
Geography — புவியியல்
Geometry, Spherical — கோளவடிவ கணிதம்
Giant Star — பெரிய விண்மீன், மீன் அரக்கன்
Graph — வரைபடம்
Gravitation — ஈர்ப்பு
Gravitation Constant — ஈர்ப்பு மாறிலி
Gravitational Field — ஈர்ப்புக் களம்
Greenwich — கிரீனிச் - பூச்சிய நெட்டாங்குள்ள இடம்
Greenwich Meridian — கிரீனிச்வழிச் செல்லும் உச்சிக் கோடு
Greenwich Prime Meridian — கிரீனிச் தலையாய உச்சிக்கோடு
Gyroscope — சுழற்கருவி

H

Harvest Moon — அறுவடை முழுமதி
Heliocentric — கதிரவன் மைய, ஞாயிற்று மைய
Heliocentric Theory — ஞாயிற்று மையக் கொள்கை
Heliometer — விட்ட அளவுகருவி (சிறப்பாகக் கதிரவனுடைய)
Hemisphere — அரைக்கோளம்
Horizon — தொடுவானம், அடிவானம்
Horizontal — கிடை
Horizontal Line — கிடைக்கோடு
Horizontal Plane — கிடைத்தளம்
Hour — மணி
Hour angle — நேரக் கோணம்
Hunter's Moon — வேடுவர் நிலவு (சந்திரன்)
Hyperbola — அதிபர வளையம்
Hyperbolic orbit — அதிபர வளைய இயங்குபாதை

I

Image — பிம்பம், எதிருருவம்

Imaginary — கற்பனையான
Indian Standard Time — இந்தியத் (த்)திட்ட / நியம நேரம்
Infinity — முடிவிலி, கந்தழி
International Date Line — தேதி மாறுவரை, உலகத் தேதி வரை
Inverse — நேரெதிர்
Inverse Ratio — நேரெதிர் விகிதம், எதிர்விகிதம்
Interval — இடைவெளி
Inverse Square Law — இருபடி எதிர்விகித விதி

J

Jupiter — வியாழன்
Jupiter's Effect — வியாழன் விளைவு

K

Kepler's Laws — கெப்ளர் விதிகள்

L

Latitude — அகலாங்கு
Latitude Parallel of — அட்சரேகை, அகலாங்கு வரை
Latitude Co — இணையகலாங்கு
Latus Rectum — செவ்வகலம்
Leap year — 366 நாள் கொண்ட லீப் ஆண்டு
Leo — சிம்மம்
Libra — துலாம்
Libra Point — துலாப் புள்ளி
Libration — அசைவு
Libration Diurnal — தினசரி அசைவு
Libration in Latitude — அகலாங்கில் அசைவு
Libration in Longitude — நெட்டாங்கில் அசைவு
Light — ஒளி
Light year — ஒளியாண்டு
Limit — எல்லை, வரம்பு
Local Time — தலநேரம், ஊர்ப்பொழுது
Locus — இயங்குவழி
Longitude — நெட்டாங்கு
Longitude Terrestial — மண்ணுலக நெட்டாங்கு
Longitude Celestial — வான நெட்டாங்கு
Luminosity — வெளிச்ச அளவு
Lunation — மதிமாதம், திங்கள்

Lunar Parallax — சந்திரன் இடமாற்றத் தோற்றம்
Lune — பிறை வடிவம்

M

Magnetic field — காந்தக்களம்
Magnetic storm — காந்தப் புயல்
Magnification — உருப்பெருக்கம்
Magnifying power (Telescope) — தொலைநோக்கியின் உருப் பெருக்கத் திறன்
Magnitude — அளவு
Magnitude (Star) first — முதல் ஒளித்தரம்
Magnitude (Star) Visual — தோற்ற ஒளித்தரம்
Magnitude (Star) Absolute — தனி ஒளித்தரம்
Major Planets — (மண்ணுலகம் உட்பட) பெரிய கோள்கள்
Maps of Constellations — விண்மீன்களின் வரைபடம்
Mars — செவ்வாய்
Martian day — செவ்வாய் நாள் (இன்நேரம்)
Mass — திணிவு, நிறை, பொருண்மை
Matter — சடப்பொருள், பருப்பொருள்
Mean — சராசரி, இடை, இடையுறுப்பு
Mean distance — சராசரி தூரம்/தொலைவு
Mean Noon — அமல் நண்பகல், ச.க. நண்பகல்
Mean Sun — சராசரிக் கதிரவன்
Mean Midnight — அமல் நள்ளிரவு, ச. க. நள்ளிரவு
Measure — அளவு, அளவை
Mechanics — (நிலை) இயக்கவியல்
Mercury — புதன்
Meridian — உச்சிவட்டம்
Meridian geographic — மண்ணுலக துருவரேகை
Meridian circle — உச்சி தூரம் அளக்கும் கருவி, உச்சிவட்டத் தொலைநோக்கி
Meteor — எரிமீன், வீழ்மீன்
Meteorites — விண்கற்கள், ஆகாயக் கற்கள்
Milky way — பால்வழி, பால்மண்டலம், ஆகாய கங்கை
Minute (Angle) — கலை (கோணம்)
Minute (Time) — நிமிடம் (நேரம்)
Mirror — ஒளிமீட்டும் ஆடி/கண்ணாடி
Mizar — வசிட்டர்

Month	— மாதம்
Month Lunar	— திங்கள் (சந்திரன்வழி மாதம்)
Moon	— சந்திரன், மதி, திங்கள்
Moon Full	— முழுமதியம், முழுச்சந்திரன்
Moon Crescent	— பிறைச்சந்திரன்
Moon dichotomised	— அரைச்சந்திரன்
Moon Gibbous	— குமிழ்ச்சந்திரன்
Moon Maria on	— திங்களிலுள்ள / சந்திரனிலுள்ள கடல்கள்
Moon New	— அமாவாசை, இருள்மதி
Moon Phase of	— பிறையளவு, சந்திரனின் கலை
Moon Ramps and Rills of	— சந்திரனின் மலைத்தொடர்களும், மலைச் சரிவுகளும்
Moon Surface features of	— சந்திர மேற்பரப்பின் இயல்புகள்
Moon's Motion	— சந்திரனியக்கம்
Moon Rise	— சந்திரோதயம்
Moon Rise Retardation	— சந்திரோதயம் பிற்போக்கு / தாமதம்
Motion	— இயக்கம்
Motion Angular	— கோண இயக்கம்
Motion Annual	— ஆண்டு இயக்கம்
Motion Circular	— வட்ட இயக்கம்
Motion Direct	— இடஞ்சுழி இயக்கம் (கிழக்கு இயக்கம்)
Motion Diurnal	— தினசரி இயக்கம்
Motion Elliptic	— நீள்வட்ட இயக்கம்
Motion Harmonic	— இசை இயக்கம்
Motion Longitudinal	— நீள்கோட்டு இயக்கம்
Motion Periodic	— காலவட்டமுள்ள இயக்கம்
Motion Perpetual	— நித்திய இயக்கம்
Motion Planetary	— கோள் இயக்கம்
Motion Proper (of star)	— முறையான நகர்ச்சி (விண்மீனைப் பொறுத்து
Motion Relative	— சாரியக்கம் / சார்ந்த இயக்கம்
Motion Retrograde	— மேற்கு இயக்கம் / வலஞ்சுழி இயக்கம்
Motion Transverse	— குறுக்கு இயக்கம்
Motion Uniform	— சீரான இயக்கம்
Motion of Rotation	— சுழற்சி இயக்கம்

Motion of a Top — பம்பரத்தின் இயக்கம்
Motion under Gravity — ஈர்ப்பியக்கம்
Multiple — மடங்கு
Multiple Star — பல்மீன் திரள்

N

Nadir — வான நேர்கீழ்ப் புள்ளி (N)
Nautical — கடல் சார்ந்த
Nautical Almanac — மாலுமிப் பஞ்சாங்கம்
Nautical Mile — கடல் மைல் / மாலுமி மைல்
Nebula — நெபுலம், ஒளிமுகிற் படிவம், ஒளி விண்மீன் குழாம்
Nebulae — நெபுலங்கள்
Nebulae diffuse — பரந்த நெபுலங்கள்
Nebulae planetary — கோள் சார்ந்த நெபுலங்கள்
Nebulae spiral — சுருள் நெபுலங்கள்
Nodal line — கணுக்கோடு
Nodal plane — கணுத்தளம்
Node — கணு, சந்திப்புள்ளி, பிரிமுனை
Node ascending — ஏறுகணு (இராகு)
Node descending — இறங்குகணு (கேது)
Nodal locus — கணுப் பாதை
North circumpolar star — வடதுருவ மண்டல மறையா / உதியா விண்மீன்
North declination — வடக்கு (நடுவரை) விலக்கம்
North Pole — வடதுருவம்
Nova — ஒளிர்மீன்
Nutation — அச்சசைவு, அச்சலைவு

O

Object — பொருள்
Object celestial — விண் / வான் பொருள்
Oblate spheroid — நீள்வட்டக் கோளம்
Obliquity — சரிவு, சாய்வு
Observatory — வானாராய்ச்சி நிலையம்
Observer — காட்சியாளன்
Observed data — பதிவு செய்யப்பட்ட புள்ளி விவரங்கள்

Occultation	—	இடை மறைவு
Occultation of a star	—	சந்திரனால் விளையும் விண்மீன் இடைமறைவு
Orb	—	வட்டம், கோளம், விண்மீன்
Orbit	—	இயங்குபாதை, ஒழுக்கு
Orbit circular	—	வட்ட இயங்குபாதை / ஒழுக்கு
Orbit, Elliptic	—	நீள்வட்ட இயக்கப் பாதை
Orbit, Hyperbolic	—	அதிபரவளைய இயக்கப் பாதை
Orbit, Parabolic	—	பரவளைய இயக்கப் பாதை

P

Parsec	—	பார்செக்
Parallax	—	இடமாறு தோற்றம்
Parallax Geocentric Parallax Diurnal	—	மண்ணுலக / புவி மையத் தோற்றப் பிழை
Parallax Annual Parallax Heliocentric	—	ஆண்டு / கதிரவன் மையத் தோற்றப் பிழை
Parallax Horizontal	—	அடிவானத் தோற்றப் பிழை
Parallactic angle	—	விண்மீன் இடைக்கோணம்
Parallel, of altitude	—	(அடிவான) இணைவட்டம்
Parallel, of latitude	—	அட்சரேகை
Partial Eclipse	—	குறை / பகுதி மறைவு
Pegasus Square	—	குதிரை மண்டலம்
Penumbra	—	குறைநிழல்
Perihelion	—	மண்ணுலகின் அண்மைநிலை (கதிரவனிலிருந்து)
Perigee	—	கதிரவனின் அண்மைநிலை (மண்ணுலகிலிருந்து)
Period	—	காலம், காலவட்டம்
Period of nutation	—	அச்சசைவுக் காலவட்டம்
Period of a planet	—	கோளின் சுற்றுகாலம்
Period of revolution	—	சுற்றுகாலம்
Period of rotation	—	சுழற்சிக் காலம்
Period of Totality of an Eclipse	—	சந்திரன் / கதிரவன் முழுமறைவுக் காலம்
Periodic	—	காலவட்ட ஒழுக்குடைய
Perpetual	—	நித்திய

Perpetual day — நிலைத்த / முற்றும் பகற்காலம்

Perpetual night — நிலைத்த / முற்றும் இராக்காலம்

Phase — நிலை, பிறை, கலை

Phase of the Moon — சந்திரன் பிறையளவு

Phenomenon — இயற்காட்சி, இயல் நிகழ்ச்சி

Photographic — ஒளிவரைத் தரம்

Photographic magnitude — ஒளிவரை அளவு

Photosphere — ஒளிப்புரை

Photo visual magnitude — ஒளிகாண் அலகு

Pisces — மீனம்

Planet Inferior — உட்கோள்

Planet Superior — புறக்கோள்

Planet Major — பெருங்கோள்

Platenoids — சிறுகோள்கள்

Pleiads (Pleiades) — கிருத்திகை

Polar Caps — துருவ (ப்)பரப்புகள் / (க்)குல்லாய்கள்

Polaris — துருவ விண்மீன்

Pole — முனை, துருவம்

Pole of a Great Circle — பெருவட்ட அச்சுமுனை

Precession — பின்னகர்ச்சி, பிற்போக்கு, முன்னிகழ்ச்சி, அச்சுத் திசை மாற்றம்

Precession of the Equinoxes — சமஇரவுப் புள்ளிகளின் பின்னகர்ச்சி

Precession of the Earth's axis — புவியச்சுத் திசைமாற்றம்/ அசைவு

Primary Circle — முதனிலை வட்டம்

Principal axis — தலையாய அச்சு

Principle — தத்துவம்

Prime Vertical — மூலக் குத்துவட்டம்

Projectile — எறிபொருள்

Pulsating Stars — விட்டுவிட்டொளிரும் மீன்கள்

Pyramid — கூர்ங்கோபுரம், பட்டைக்கூம்பு

Q

Quadrature — அரைப்பிறை நிலை

R

Radian — ஆரையன்
Radiant Point — கதிர்வீச்சு முகம்
Ratio — விகிதம்
Ratio Constant — மாறிலி விகிதம்
Reduction to Equator — நடுவரை ஒடுக்கம்
Regression — பின்னடைவு, பின்னகர்ச்சி
Regression of Moon's Nodes — சந்திரக் கணுக்களின் பின்னடைவு/பின்னகர்ச்சி
Regular — ஒழுங்கான
Relative — சார்ந்த
Relative Error — சார்பிழை
Relative Velocity — சார்வேகம்
Retrograde — பிற்போக்கு
Right Ascension — வல ஏற்றம்
Ring — வளையம்
Rings of Saturn — சனியின் வளையங்கள்

S

Sagittarus — வில், தனுசு
Saros — சாராஸ் என்ற காலவட்டம், சந்திரன்/கதிரவன் மறைவுக் காலவட்டம்
Satellite — துணைக்கோள்
Scalar — திசையிலி, எண்ணிலி
Scorpio — விருச்சிகம்
Scatter — சிதறல்
Seasons — பருவங்கள்
Second (angle) — விகலை
Second (time) — விநாடி
Secondary — துணைக் குத்துவட்டம்
Section — வெட்டுமுகம்
Semi-axes — அரை அச்சுகள்
Semi-circle — அரைவட்டம்
Sextant — கோணமானி
Shadow — நிழல்
Shadow Cone — நிழற்கூம்பு
Shape — உருவம்
Shooting Stars — வீழ்மீன்கள், எரிமீன்கள்
Sidereal — மீன்வழி

Sidereal Period	—	மீன்வழிக் காலவட்டம்
Sidereal Time	—	மீன்வழிக் காலம்
Signal	—	சமிக்கை
Signal Radio	—	கதிரியக்க சமிக்கை, ரேடியோ சமிக்கை
Signs of the Zodiac	—	இராசிகளின் அடையாளம்
Solar	—	கதிரவனுக்குரிய
Solar Flares	—	கதிரவனின் தீக்கொழுந்துகள்
Solar Spectrum	—	கதிரவனின் நிற அடுக்கு
Solar System	—	கதிரவனின் குடும்பம்
Solar Time	—	கதிரவன்வழிக் காலம்
Solar Apparent Time	—	கதிரவன்வழித் தோற்றக் காலம்
Solar Mean Time	—	சராசரிக் கதிரவன்வழிக் காலம்
Solar Parallax	—	கதிரவன் இடமாற்றத் தோற்றம்
Solstice	—	கதிரவன் திருப்பநிலை
Solstice Summer	—	கோடைத் திருப்பநிலை
Solstice Winter	—	மாரித் திருப்பநிலை
South	—	தெற்கு
South declination	—	தெற்கு விலக்கம்
Space	—	இடம், வெளி
Space Interplanetary	—	கோளிடைவெளி
Spectrum	—	நிறமாலை, நிறநிரல்
Sphere	—	கோளம்
Sphere Hollow	—	உள்ளீடல் கோளம்
Sphere Solid	—	திண்மக் கோளம்
Spherical angle	—	கோளக்கோணம்
Spherical spiral	—	சுருளி
Spherical Equiangular	—	சமகோணச் சுருளி
Standard	—	திட்டமான
Standard Time	—	திட்டமான / நியம நேரம்
Star	—	விண்மீன்
Star Evening	—	மாலை மீன்
Star Morning	—	காலை மீன்
Star of first magnitude	—	முதல்தர விண்மீன்
Star Red	—	சிவப்பு விண்மீன்
Star White	—	வெண்மை விண்மீன்
Stationary	—	நிலையான, கண நிலையான
Stationary Position	—	நிலையான இடம்
Sub-Solar point	—	கதிரவன் நேர்கீழ்ப் புள்ளி

Sub-stellar point — விண்மீன் நேர்கீழ்ப் புள்ளி
Sub-lunar point — சந்திரன் நேர்கீழ்ப் புள்ளி
Sun — ஞாயிறு, கதிரவன், சூரியன்
Sun dial — நாழிகைக் கோல்
Sun Prominences of — கதிரவனின் சுடர்க்கொழுந்துகள்
Sun Spot — கதிரவன் கறை
Sun Spot cycle — கதிரவன் கறைக் காலவட்டம்

T

Tangent — தொடுவரை
Tangent Plane — தொடுவரைத் தளம்
Taurus — காளை, ரிஷபம்
Telescope — தொலைநோக்கி
Telescope Refracting — ஒளிக்கோட்டத் தொலைநோக்கி
Telescope Reflecting — ஒளித்திருப்பு தொலைநோக்கி
Telescope Tower — கோபுர அமைப்புத் தொலைநோக்கி
Terrestrial Pole — மண்ணுலகத் துருவம்
Theory — கொள்கை
Tide — அலை
Tide Spring — வேனில் அலை
Tide Neap — மட்ட அலை
Time — நேரம்
Time Civil — அமல் நேரம்
Time Local — ஊர்ப்பொழுது
Time Standard — நாட்டு நேரம்
Time Summer — கோடை நேரம்
Time Zonal — மண்டல நேரம்
Transit — உச்சிகடத்தல்
Transit Instrument — உச்சிகடத்தல்காண்தொலைநோக்கி
Twilight — மெல்லொளி
Twilight Morning — வைகறை மெல்லொளி
Twilight Evening — அந்தி மெல்லொளி

U

Umbra — கருநிழல்
Unit — அலகு
Universe — பேரண்டம், பிரபஞ்சம்
Ursa Major — பெருங்கரடி மண்டலம்

V

Venus — வெள்ளி
Venus Transit of — வெள்ளி இடையோட்டம்
Vernal Equinox — இளவேனிற் புள்ளி
Vertex — உச்சி
Virgo — கன்னி

W

White Dwarf Stars — வெண்குறு விண்மீன்கள்
Winter — மாரி(க்)/குளிர் காலம்

Y

Year — ஆண்டு, வருடம்
Year, Anomalistic — அண்மைநிலை யாண்டு, சேய்மை நிலை யாண்டு
Year, Civil — நிர்வாக ஆண்டு, குடியாண்டு
Year, Leap — நெட்டாண்டு
Year, Lunar — மதியாண்டு
Year, Mean solar — சராசரி ஞாயிற்று/கதிரவன் வழி ஆண்டு
Year, Sidereal — மீன்வழி ஆண்டு
Year, Tropical — பருவ ஆண்டு

Z

Zenith — (வான) உச்சி, நேருச்சிப் புள்ளி
Zenith distance — உச்சி தூரம்
Zodiac — கதிரவன் வீதி, இராசிச் சக்கரம்
Zodiac Path — ஓரை, ஓரைவழி
Zodiac Signs and constellations of — இராசி உருவங்கள், மீன் கூட்டங்கள்
Zodiacal light — ஓரை வட்ட ஒளி/கதிரவன் வீதி எழிலொளி

கல்லூரி நூல் வெளியீட்டு இயக்குநரகம்

தமிழ்நாட்டுப் பாடநூல் நிறுவனம், சென்னை.

1970 ஜனவரிவரை வெளியிட்டுள்ள நூல்கள்

பொருளாதாரம்

				ரூ.	பை.
*1.	பொருளாதாரம்–I	... சி. வேலாயுதம்	...	6	50
*1-A.	,, II	... ,,	...	9	00
*2.	சோவியத் பொருளாதார வளர்ச்சி	... டாக்டர் எம். ஜே. கே. தவராஜ்	...	4	25
*3.	அமெரிக்கப் பொருளாதாரம்	... ,,	...	4	50
*4.	பொருளாதாரச் சிந்தனை வரலாறு	... சோணசலம்	...	7	00
*5.	பன்னாட்டு வாணிபம்	... மு. ஆரோக்கியசாமி	...	6	00
6.	புதுமைப் பொருளாதாரக் கூறுகள்	... திருமதி ஆர். தாமரஜாட்சி	...	12	00
7.	பொருளாதாரம்—ஓர் அறிமுகம்–I	... தி. சி. மோகன்	...	12	00
8.	,, ,, II	... எம். ஏ. ஆபூர்வசாமி, பி. வி. ஸ்ரீநிவாசன்	...	10	75
9.	பொருளாதாரக் கோட்பாடு வளர்ந்த வரலாறு	... க. முத்தையன்	...	7	00
*10.	பணவியலும் பாங்கியலும்—I	... சி. வேலாயுதம்	...	6	75
*11.	,, II	... ,,	...	11	50
*12.	நவீன பாங்கு இயல்	... க. வெற்றிவேல்	...	7	50
*13.	இந்தியச் செலாவணியும் பாங்கு முறையும்	... பி. வி. ஸ்ரீநிவாசன்	...	5	50
*14.	அரசாங்க நிதி இயல்	... அர. சேஷாசலம்	...	4	75
15.	இந்தியப் பொருளியல்—I	... எம். பாலசுப்பிரமணியன்	...	10	00

* மூலநூல் (Original Book)

பொருளாதாரம்—(தொடர்ச்சி)

			ரூ.	பை.
16.	இந்தியப் பொருளியல்—II	எம். லூர்துநாதன்	4	25
17.	நமது பொருளாதாரப் பிரச்சினை—I	சி. சுந்தரராஜன்	10	75
18.	,, ,, II	எஸ். குழந்தைநாதன்	10	50
19.	இங்கிலாந்தின் பொருளாதார வரலாறு—I	கீ. சீ. இராமசாமி	6	00
20.	,, ,, II	,,	6	00
21.	அமெரிக்காவின் நவீன பொருளாதார வளர்ச்சி	தி. சி. மோகன்	5	00
22.	அமெரிக்கப் பொருளாதார வரலாறு—I	மு. க. சுப்பிரமணியம்	11	00
23.	,, ,, II	பி. வி. சீனிவாசன்	6	00
24.	,, ,, III	,,	6	50
25.	அரசாங்க நிதியியலின் பொருளாதாரம்—I	மா. குமாரசாமி	10	00
26.	,, ,, II	அர. சேஷாசலம்	9	50
27.	இந்தியாவின் பொருளாதார வளர்ச்சி—I	தே. வேலப்பன்	10	00
28.	,, ,, II	ஜி. சிதம்பரம்	8	00
29.	பணம்—சிறு விளக்கம்	கோ. இராதாகிருஷ்ணன்	10	00
30.	வணிக இயலின் தத்துவங்கள்	கு. ஆளுடையபிள்ளை	9	50
31.	பத்தொன்பதாம் நூற்றுண்டில் கிரேட் பிரிட்டனில் தொழில்-வாணிகப் புரட்சி	சூ. ரா. கருப்பண்ணன்	11	00
32.	பென்ஹாம் பொருளாதாரம்—I	ஏ. குழந்தை	11	00
33.	,, ,, II	எஸ். குழந்தைநாதன்	7	00
34.	வரவு செலவுத் திட்டம்	ஆர். ரங்காச்சாரி	6	00
35.	பன்னாட்டுப் பொருளாதாரம்—I	ஏ. குழந்தை	7	50
36.	,, ,, II	கே. எஸ். இராமசாமி	9	00
37.	பொருளாதார ஆய்வு நூல்—I	கோ. இராதாகிருஷ்ணன்	7	75
38.	,, ,, II	,,	7	00

39.	வளர்ச்சியுருத நாடுகளின் அரசாங்க நிதியியல் ...	க. வெற்றிவேல்	... 4	25
40.	வளர்ச்சி குறைந்த நாடுகளின் முதலாக்கம் பற்றிய சிக்கல்கள் ...	மா. குமாரசாமி	... 5	50
41.	1939முதல் இந்தியாவில் பணவீக்க விளைப் போக்குகள் ...	சி. சுந்தரராஜன்	... 7	50
42.	பொருளாதார வளர்ச்சிபற்றிய கட்டுரைகள் ...	எம். கே. சுப்பிரமணியம்	... 7	75
43.	இந்தியப் பொருளாதார வரலாறு (1857–1956)—I ...	ம. திருநாவுக்கரசு	... 7	00
44.	பொருளாதாரம்—ஓர் அறிமுகம் ...	பு. வி. சீனிவாசன்	... 6	25

வரலாறு

*45.	பிரிட்டன் வரலாறு—I ...	கி. ர. அனுமந்தன்	... 4	50
*46.	,, ,, II ...	,,	... 3	50
*47.	,, ,, III ...	,,	... 7	25
*48.	ஐரோப்பிய வரலாறு—I ...	டி. வி. சொக்கப்பா	... 4	50
49.	ஐரோப்பா—கடந்த ஐந்து நூற்றுண்டுகாலச் சரித்திரம் ...	வை. விருத்தகிரீசன்	... 15	00
50.	இங்கிலாந்து வரலாறு—I ...	இரா. அண்ணுமலை	... 13	00
51.	,, ,, II ...	பா. மாணிக்கவேலு	... 13	00
52.	,, ,, III ...	என். ஜே. ராஜகோபால்	... 8	00
53.	,, ,, IV ...	,,	... 8	00
54.	இங்கிலாந்தின் வரலாறு—I ...	க. த. திருநாவுக்கரசு	... 15	00
55.	,, ,, II ...	எம். எக்ஸ். மிராண்டா	... 8	00
56.	,, ,, III ...	,,	... 5	00

* மூலநூல் (Original Book)

			ரூ.	பை.
வரலாறு—(தொடர்ச்சி)				
57.	இந்தியாவின் சிறப்பு வரலாறு—I	... தி. வெ. குப்புசாமி	... 7	50
58.	,, ,, II	... ஏ. உஸ்மான் ஷெரீப்	... 9	00
59.	,, ,, III	... அ. பாண்டுரங்கன்	... 11	00
60.	கிரேக்கநாட்டு வரலாறு—I	... சைமன் ஐ. எஸ். பாக்கியநாதன்	... 7	50
61.	,, ,, II	... ,,	... 7	00
62.	,, ,, III	... பி. இராமாநுஜம் தேவதாஸ்	... 7	75
63.	ஆக்ஸ்ஃபோர்டின் இந்திய வரலாறு—I	... தி. வெ. குப்புசாமி	... 8	25
64.	,, ,, II	... ஏ. உஸ்மான் ஷெரீப்	... 7	50
65.	,, ,, III	... க. த. திருநாவுக்கரசு	... 10	50
66.	முகலாயப் பேரரசு—I	... ஏ. உஸ்மான் ஷெரீப், எம். எக்ஸ். மிராண்டா	... 7	50
67.	,, II	... எம். எக்ஸ். மிராண்டா, பா. மாணிக்கவேலு	... 7	75
68.	ஆங்கில அரசியலமைப்பின் வரலாறு—I	... வை. விருத்தகிரீசன்	... 7	50
69.	,, II	... வை. விருத்தகிரீசன், இரா. அண்ணமலை	... 6	75
70.	,, III	... இரா. அண்ணமலை, பா. மாணிக்கவேலு	... 6	50
71.	,, IV	... பா. மாணிக்கவேலு	... 7	00
72.	ஆங்கிலேயரின் சமுதாய வரலாறு—I	... சி. ஈ. இராமச்சந்திரன்	... 6	50
73.	,, II	... சி. ஈ. இராமச்சந்திரன், இர. ஆலாலசுந்தரம்	... 6	75
74.	,, III	... ஆர். ஆலாலசுந்தரம்	... 6	50
75.	இந்தியாவில் முகலாயரின் ஆட்சி—I	... பா. மாணிக்கவேலு	... 5	00
76.	,, II	... ஏ. உஸ்மான் ஷெரீப்	... 6	00
அரசியல்				
*77.	அரசியல் அமைப்புகள்	... ஜே. இராமச்சந்திரன்	... 4	62
78.	அரசாங்கத்தின் வரலாறு	... மோ. கிளாரன்சு, டி. டி. பெலிக்ஸ்	... 7	50

79.	இந்திய அரசியலமைப்பு	வீ. கண்ணையா	4	75
80.	அரசியலுக்கு ஓர் அறிமுகம்	டி. செல்லப்பா	8	50
81.	தற்கால அரசியல் அமைப்புகள்	மோ. வள்ளுவன் கிளாரன்சு	8	50
82.	பன்னாட்டு அரசியல்—I	திருமதி நூர்ஜஹான் பாவா	16	00
83.	,, ,, II	,,	13	25
84.	பொதுத்துறை ஆட்சி இயல்—I	வீ. கண்ணையா	9	00
85.	,, ,, II	அ. ஜெகதீசன்	7	25
86.	பொதுத்துறை ஆட்சியியலுக்கு ஓர் அறிமுகம்—I	வீ. கண்ணையா	7	50
87.	,, ,, II	டி. செல்லப்பா	7	50
88.	இந்திய அரசியலமைப்புத் திட்டம்	தி. வெ. குப்புசாமி, எஸ். சுப்பிரமணியன்	9	25
89.	இந்திய ஆட்சி அமைப்புமுறை வளர்ச்சி—I	வீ. கண்ணையா	6	25
90.	,, ,, II	வீ. கண்ணையா, கி. ர. அனுமந்தன்	5	75
91.	,, ,, III	கி. ர. அனுமந்தன்	7	25
*92.	மக்கள் ஆட்சி	க. சந்தானம்	4	25
93.	1919 முதல் சர்வதேச உறவுகளும் உலக அரசியலும்	என். ஜே. ராஜகோபால்	7	25
94.	சமூக, அரசியல் கொள்கையின் அடிப்படைகள்	மோ. வள்ளுவன் கிளாரன்சு	7	00
95.	அரசியலமைப்புச் சட்ட ஆய்வுக்கு ஓர் அறிமுகம்—I	பா. சூரியநாராயணன்	5	75
96.	,, ,, II	பா. சூரியநாராயணன், கி. ர. அனுமந்தன்	6	00
97.	,, ,, III	கி. ர. அனுமந்தன்	5	75

* மூலநூல் (Original Book)

			ரூ.	பை.
உளவியல்				
98.	குழந்தை உளவியல்—I	கி. ர. அப்புள்ளாச்சாரி	8	00
99.	,, ,, II	,,	7	00
100.	உட்கவர் மனம்	சி. ந. வைத்தீஸ்வரன்	7	00
101.	இளையோர் உளவியல்—I	தி. இரா. அரங்கராசன்	12	00
102.	,, ,, II	,,	9	00
103.	சமூக உளவியல்	என். வேதமணி மானுவேல்	9	25
104.	பிறழ்நிலை உளவியல்	அ. பெசெண்ட் கிரீப்பர்ராஜ்	11	00
105.	பித்தரின் உள்ளம்	,,	3	00
*106.	குமர உள்ளம்	டாக்டர் மு. அறம்	6	25
தத்துவம்				
107.	இந்து சமயத் தத்துவம்	ஞா. ராஜாபகதூர்	5	50
*108.	அறிவு ஆராய்ச்சி இயல்	ஆர். ராமானுஜாச்சாரி	3	50
*109.	மேலைநாட்டுத் தத்துவம்	ஆர். எஸ். தேசிகன்	3	50
110.	அத்துவித தத்துவம்	கோ. மோ. காந்தி	6	50
111.	ஆங்கிலேயப் பயன்வழிக் கொள்கையினர்	மோ. வள்ளுவன் கிளாரன்சு	5	50
112.	இந்தியத் தத்துவம்—I	வ. அ. தேவசேனபதி, பா. நா. சண்முகசுந்தரம்	3	50
113.	,, II	,,	6	00
114.	மெய்ப்பொருளியல்—ஓர் அறிமுகம்—I	சி. இராமலிங்கம்	6	00
அறவியல்				
115.	அறவியல்—ஓர் அறிமுகம்	கோ. மோ. காந்தி	8	50
அளவையியல்				
116.	அளவையியல்—தொடக்க நூல்	கி. ர. அப்புள்ளாச்சாரி	2	50

மானிடவியல்					
117.	மானிடவியல்	...	ம. சு. கோபாலகிருஷ்ணன்	... 4	75
118.	பண்பாட்டுக் கோலங்கள்	...	கி. பூ. சுப்பிரமணியம்	... 5	50
*119.	இந்தியாவில் குடியானவர் வாழ்க்கை	...	எஸ். இலட்சுமி	... 3	50
சமூகவியல்					
120.	சமூகவியலின் அடிப்படைக் கோட்பாடுகள்	...	ஜே. நாராயணன்	... 10	50
புவியியல்					
121.	ஆசியா—I	...	கொ. சேஷ. நரசிம்மன்	... 9	50
122.	,, II	...	,,	... 8	75
123.	ஐரோப்பாக் கண்டத்தின் புவியியல்	...	ஏ. எஸ். நாராயணன்	... 8	50
*124.	தென்கிழக்கு ஆசியா	...	ஜி. கிருஷ்ணமூர்த்தி	... 8	50
*125.	வட அமெரிக்கா	...	குமாரி இரா. அலமேலு	... 8	25
*126.	தென் அமெரிக்கா	...	எம். என். பத்மநாபன்	... 9	00
*127.	தென் கண்டங்கள்—ஆஸ்திரேலியா	...	திருமதி எச். நியூமன்	... 4	00
*128.	,, —ஆஃப்ரிக்கா	...	எஸ். முத்துக்கிருஷ்ணக் கரையாளர்	... 3	25
*129.	புவிப்புறவியல்—II	...	நா. அனந்தபத்மநாபன்	... 6	00
*130.	செய்முறைப் புவியியல்	...	சு. ஜெயச்சந்திரன்	... 9	00
*131.	மக்கட் பரப்பியல்	...	வி. எஸ். அனந்தபத்மநாபன்	... 6	25
*132.	சமுத்திரவியல்	...	கோ. இராமசாமி	... 6	50
133.	காலநிலை இயல்—I	...	கொ. சேஷ. நரசிம்மன்	... 10	00
134.	,, II	...	,,	... 5	00
*135.	காலநிலை இயல்	...	திருமதி இராதா	... 10	00
136.	வளியியலுக்கு ஓர் அறிமுகம்	...	கோ. இராமசாமி	... 11	00
*137.	புவி அமைப்பு இயல்	...	சி. விஸ்வநாதன்	... 4	75

* மூலநூல் (Original Book)

			ரூ. பை.
புவியியல்—(தொடர்ச்சி)			
138.	பௌதிகப் புவியியலும் புவியமைப்பியலும்	... கோ. இராமசாமி	... 6 00
139.	சிஷோமின் வாணிகப் புவியியல்—I	... எஸ். மாணிக்கம்	... 9 50
140.	,, II	... எம். கார்த்திகேயன்	... 12 00
141.	,, III	... சி. எஸ். நரசிம்மன்	... 5 75
புள்ளியியல்			
*142.	புள்ளியியல்—அறிமுகம்	... சு. வைத்தியநாதன்	... 10 00
143.	புள்ளியியல் முறைகள்—I	... கோ. சண்முகசுந்தரம்	... 10 00
144.	,, II	... கே. ஆர். இராஜகோபாலன்	... 14 00
145.	நம்மைச் சுற்றியுள்ள பேரண்டம்	... தி. வி. லட்சுமிநரசிம்மன்	... 6 50
உயர் கணிதம்			
*146.	ஆயத்தொலை வடிவகணிதம்	... டி. கே. மாணிக்கவாசகம் பிள்ளை	... 12 50
*147.	வகை நுண்கணிதம்	... ,,	... 8 00
*148.	தொகை நுண்கணிதம்	... தி. கோவிந்தராசன்	... 9 00
விலங்கியல்			
*149.	விலங்கியல்	... பெ. மா. அண்ணாமலை, இரா. முருகேசன்	... 12 · 00
பௌதிகவியல்			
150.	ஒளி நூல்	... ச. சம்பத்து	... 10 00
விஞ்ஞானம்			
*151.	வானவெளி வெற்றி	... டாக்டர் எம். ஏ. தங்கராஜ்	... 6 00
*152.	ரேடியோ	... ,, பி. திருஞானசம்பந்தம்	... 4 75
*153.	எக்ஸ்-கதிர்கள்	... பெ. நா. அப்புசாமி, ஜே. பி. மாணிக்கம்	... 4 50
*154.	பாம்புகள்	... பெ. மா. அண்ணாமலை	... 3 50

*155.	தாவரம்—வாழ்வும் வரலாறும்	... டாக்டர் கு. சீனிவாசன்	... 8	00
*156.	கரும்பு	... கு. பெரியசாமி	... 4	00
*157.	தாவரங்களின் வாழ்வியல்	... எஸ். சுந்தரம்	... 6	50
மருத்துவம்				
*158.	நீரிழிவு—க்ஷயரோகம்	... டாக்டர் ஜி. வேங்கடசாமி, டாக்டர் ஏ. கதிரேசன்	... 2	50
159.	மகப்பேறும் மாதர் நோயும்	... டாக்டர் (குமாரி) மணிமேகலை	... 8	25
*160.	பாக்டீரியா	... சு. சுந்தரம்	... 2	50
161.	புற்றுநோய்	... அ. கதிரேசன்	... 3	50
162.	உடலியங்கியல்—I	... டாக்டர்கள் ஜி. வேங்கடசாமி, டி. சரோஜினி, எஸ். கே. துரைராஜ், ஆர். சேது	... 6	75
163.	,, II	,,	... 5	50
164.	என்புருக்கி நோய்	... டாக்டர் அ. கதிரேசன்	... 7	25
பொறியியல்				
165.	நீங்களே உங்கள் வீட்டைக் கட்டலாம்	... கே. வி. கிருஷ்ணராஜ், சி. ஆர். சுப்பிரமணியம், ஆர். இராமசாமி, கே. வேணுகோபால்	... 8	50
கூட்டுறவு				
166.	உலகக் கூட்டுறவு இயக்கம்	... அ. வேல்மணி	... 5	50
சட்டம்				
*167.	குற்றவியல் சட்டம்	... எம். சண்முகசுப்பிரமணியம்	... 10	00
பொது நூல்கள்				
168.	மகாத்மா காந்தி	... சரஸ்வதி தங்கையன்	... 3	25

* மூலநூல் (Original Book)

பொது நூல்கள்—(தொடர்ச்சி)

			ரூ.	பை.
169.	விவசாயப் புரட்சி	வி. கார்த்திகேயன்	8	00
*170.	சேமக் கை-நூல்	ஆ. சுப்பிரமணியம்	2	50
*171.	முற்காலச் சோழர் கலையும் சிற்பமும்	எஸ். ஆர். பாலசுப்பிரமணியம்	9	00
*172.	உணவும் ஊட்டமும்	தி. வேங்கிடகிருஷ்ணய்யங்கார்	4	50

புகுமுக (P.U.C.) வகுப்புகளுக்குரியவை

			ரூ.	பை.
*173.	உலக வரலாறு	டி. ஆர். இராமச்சந்திரன்	4	00
*174.	பொருளாதாரம்	ஜி. சிதம்பரம்	2	75
*175.	வணிகவியலுக்கு ஓர் அறிமுகம்—I	கு. ஆளுடைய பிள்ளை	2	50
*176.	,, ,, II	,,	2	25
*177.	பௌதிகம்	டாக்டர் பி. திருஞானசம்பந்தம், ஆர். நாகராஜன்	7	50
*178.	புகுமுக பௌதிகம்	டாக்டர் எம். ஏ. தங்கராஜ்	5	75
*179.	புகுமுக வகுப்புக் கணிதம்—I	கே. ராஜகோபாலன்	7	00
*180.	,, II	,,	3	00
*181.	புகுமுக வகுப்புக் கணித நூல்—I	டி. கோவிந்தராஜன், முத்துசாமி	7	00
*182.	,, II	,, ,,	4	50
*183.	கணிதம்—ஓர் அறிமுகம்—I	ஆர். மகாதேவன்	4	75
*184.	,, II	,,	3	25
*185.	வேதியியல்	பி. டி. முனியப்பா, ஆர். முத்துலட்சுமி	7	00
*186.	புகுமுக வேதியியல்	சி. ஏ. பத்மநாபன்	5	50
*187.	விலங்கியல்	எஸ். ஆப்ரகாம்	4	00
*188.	புகுமுக விலங்கியல்	பெ. மா. அண்ணாமலை	7	25
*189.	புகுமுக வகுப்புத் தாவரவியல்	எஸ். சுந்தரம்	4	50

பட்டப்படிப்பிற்குரிய (B.Sc.) நூல்கள்

				ரூ.	பை.
பௌதிகம் (Physics)					
*190.	எந்திரவியல்—சிறப்புப்பாடம் (Book I)	...	ஆர். நாகராசன்	6	25
*191.	வெப்பவியல்—சிறப்புப்பாடம்	...	கே. நாச்சிமுத்து	5	25
*192.	செய்முறை பௌதிகம்—சிறப்புப்பாடம் (Book I)		டி. கமலக்கண்ணன், எஸ். கிருட்டிணசாமி	4	50
*193.	பௌதிகம்—துணைப்பாடம்–I (Book I)	...	பி. தங்கராஜன்	4	00
*194.	,, (Book II)	...	,,	3	00
*195.	செய்முறை பௌதிகம்—துணைப்பாடம்	...	கே. பாசுகரன், இரா. செயராம்	4	50
*196.	மின்னியல்–காந்தவியல் (Book I)	...	டி. ஏ. கருப்பண்ணன்	4	75
*197.	ஒளியியல்—சிறப்புப்பாடம்	...	டாக்டர் வி. சண்முகசுந்தரம், டாக்டர் ஆர். சபேசன்	7	75
வேதியியல் (Chemistry)					
*198.	செய்முறைக் கனிம வேதியியல்–சிறப்புப்பாடம்...		டி. இராமலிங்கம்	2	25
*199.	பௌதிக வேதியியல் (Book I)	...	டி. சக்திவேலு	4	00
*200.	கனிம வேதியியல்—துணைப்பாடம்	...	சி. ஏ. பத்மநாபன்	6	50
*201.	கனிம வேதியியல் (Book I)	...	பி. டி. முனியப்பா	4	00
*202.	பொது பௌதிக வேதியியல்—துணைப்பாடம்	...	ஆர். துளசிதாஸ்	4	75
கணிதம் (Mathematics)					
*203.	இயற்கணிதம்—சிறப்புப்பாடம் (Book I)	...	டி. கோவிந்தராஜன், கே. முத்துசாமி	4	25
*204.	தொகுமுறை வரைகணிதம்—சிறப்புப்பாடம்	...	ஆர். மகாதேவன்	2	00
*205.	எண்சார் கணிதம்—சிறப்புப்பாடம்	...	எம். எம். இராமசாமி	5	50
*206.	திரிகோண கணிதம்—சிறப்புப்பாடம்	...	வி. அரங்கநாதன்	3	25
*207.	கணிதம்—துணைப்பாடம்	...	ஆர். அனுமந்தராவ்	6	00

* மூலநூல் (Original Book)

			ரூ.	பை.
கணிதம்—(தொடர்ச்சி)				
*208.	நிலையியல்—சிறப்புப்பாடம்	கே. இராஜகோபாலன்	5	00
புள்ளியியல் (Statistics)				
*209.	புள்ளியியல்—துணைப்பாடம்	எஸ். கருப்பையா	3	50
விலங்கியல் (Zoology)				
*210.	முதுகெலும்பற்றவை–I—சிறப்புப்பாடம்	ஆர். முருகேசன்	11	50
*211.	,, II—சிறப்புப்பாடம்	திருமதி எஸ். கே. வள்ளி	11	25
*212.	முதுகுநாணுள்ளவை–I—சிறப்புப்பாடம் (Book I)	திருமதி ராணி கந்தசுவாமி	8	00
*213.	,, (Book II)	,,	9	75
*214.	முதுகுதண்டுள்ளவை–II—சிறப்புப்பாடம்	திருமதி கிருஷ்ணவேணி நாராயணன்	11	75
*215.	முதுகெலும்பற்றவை—துணைப்பாடம்	என். இராமலிங்கம்	9	00
*216.	முதுகுநாணுள்ளவை—துணைப்பாடம்	வி. சேது	10	00
தாவரவியல் (Botany)				
*217.	தாவர வெளி உள்ளமைப்பியல்களும் வகைப்பாட்டியலும்—சிறப்புப்பாடம்	கே. ராஜசேகரன்	11	00
*218.	தாவரப் புற அமைப்பியல்	கே. பாலச்சந்திரகணேசன்	9	25
*219.	தாவர உள்ளமைப்பியல்	டாக்டர் ஏ. கோவிந்தராஜுலு	7	25

* மூலநூல் (Original Book)

கல்லூரி நூல் வெளியீட்டு இயக்குநரகம்

தமிழ்நாட்டுப் பாடநூல் நிறுவனம்

பட்டப்படிப்பு

அறிவியல் பாட நூல்கள்—1970

1.	சூழ்நிலையியல், உடற்செயலியல்	—திரு. டி. ஆர். கிருஷ்ணன்
2.	அறிமுறை வேதியியல்	—திரு. ஓ. ஆர். சூரிய நாராயணன்
3.	பொது பௌதிகம்	—திரு. க. ப. கந்தசாமி, திரு. மு. தியாகசுந்தரம்
4.	வெக்டர் கணிதமும் அதன் பயன்பாடுகளும்	—திரு. ஆர். மகாதேவன்
5.	தாவரச் சூழ்நிலையியல், மரபியல், உயிர்மரூஉ இயல், இயங்கியல்–துணைப்பாடம்	—டாக்டர் கு. பெரியசாமி
6.	பௌதிகம்–துணைப்பாடம்–பகுதி–2	—திரு. கா. வே. சுப்பிரமணியன்
7.	இன்றைய பௌதிகம்	—டாக்டர் எம். ஏ. தங்கராஜ்
8.	ஒலி நூல்	—திரு. டி. முருகையன்
9.	கணிதம்–துணைப்பாடம்–பகுதி–2	—திரு. ஆர். அய்யாசுவாமி
10.	முப்பரிமாணப் பகுமுறை வடிவ கணிதம்	—திரு. க. சிவசுப்ரமணியம்
11.	தாவரவியல்–துணைப்பாடம்	—திரு. பா. இராசாராம்
12.	செல்லியல்	—திரு. என். இராமலிங்கம்
13.	மரபியல்	— திரு. பெ. மா. அண்ணாமலை
14.	தாவரங்களின் வாழ்க்கை	—திரு. எஸ். சுந்தரம்
15.	அங்கக வேதியியல்–துணைப் பாடம்	—திரு. பிஎல். இராமசாமி
16.	செய்முறைக் கரிம வேதியியல்	—டாக்டர் என். ஆறுமுகம்
17.	முதுகெலும்பிகளது கருவியல்	—திரு. எஸ். ஆபிரகாம்
18.	சூழ்நிலையியல், பரிணாமம், மரபியல்	—திரு. கே. ஆர். பாலச்சந்திர கணேசன்
19.	டெரிடோஃபைட்டா–ஜிம்னோஸ்பெர்மி	—திரு. கே. இராசசேகரன்
20.	கரிம வேதியியல்–பகுதி–1	—திரு. கி. கண்ணபிரான்
21.	கரிம வேதியியல்–பகுதி–2	—திரு. கி. கண்ணபிரான்
22.	வானியல்	—திரு. தி. கோவிந்தராசன், திரு. கொ. முத்துசாமி
23.	தாலோபைட்டா—பாசிகளும் பூஞ்சைகளும்	—டாக்டர் வே. சோ. சுந்தரலிங்கம்

இவை அடக்கவிலை வெளியீடுகள்—கழிவு இல்லை